



Universidad
Católica de
Valencia
San Vicente Mártir

TFG

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN
CIENCIAS DEL MAR

Descripción de las comunidades bentónicas portuarias y taxocenosis de poliquetos Nereídos asociada (Puerto de Sagunto)

Alumno: **Alejandro Suay Enguix**

Tutor UCV: **Javier Torres Gavilá**

Curso académico: 2020-2021



Facultad de Veterinaria
y Ciencias Experimentales
Universidad Católica de Valencia
San Vicente Mártir

Agradecimientos:

Tras los últimos tres meses de trabajo en Calpe analizando muestras en busca de los pequeños organismos que me fascinan, me he dado cuenta del enorme volumen de trabajo que supone llevar a cabo un estudio del bentos marino, donde la paciencia, constancia, esfuerzo y pasión deben estar presentes en cada momento, sin embargo, tengo que agradecer a las personas que profundamente admiro y han hecho esto posible y que a pesar de las dificultades han mostrado su apoyo en todo momento y me han ayudado a resolver las innumerables dudas que me han surgido a lo largo del camino.

Agradezco profundamente la ayuda de mi tutor y colega Javier Torres Gavilá por su ayuda incondicional, que siempre ha estado presente a lo largo de mi camino por la universidad, ayudándome a poner en marcha pequeñas ideas para seguir aprendiendo de los incomprensidos “bichitos” y por su profundo interés y confianza en mi trabajo que supone un gran ánimo para mí. A José Tena por darme la oportunidad de formar parte de un grupo de trabajo espectacular en el IMEDMAR, por haber invertido su tiempo en pequeñas clases sobre los anélidos poliquetos, por la alegría y palomitas que traía los miércoles al IMEDMAR que servían de descanso en las largas jornadas de trabajo y por haber confiado en mí y apoyado para obtener experiencia en el trabajo muestreando bajo el agua. A José Rafa por sus valiosas lecciones sobre ciencia que serán de ayuda y siempre recordadas a lo largo de mi carrera científica y por la pasión que transmite en su trabajo.

Además, tengo que agradecer la ayuda del equipo del IMEDMAR que tanto me ha enseñado, apoyado y se ha preocupado por mí, a Clara, Diana, Ana, Virginia, Teresa y Sebastián que muestran su pasión y alegría en el día a día y crean un ambiente de trabajo inigualable repleto de carcajadas, incluso en los momentos de mayor tensión. Finalmente, agradezco a mi colega Vicent Sendra que a pesar del estrés, las dificultades a la hora de conseguir los objetivos diarios y las interminables noches de estudio tanto en el centro como a lo largo de la universidad ha sido un gran punto de apoyo. En este sentido, también agradezco la alegría que muestran el resto de estudiantes de prácticas Clarissa, Celina y Anna.

Índice de contenidos:

1.Introducción.....	3
1.1 Perspectiva histórica y actual de los puertos.....	3
1.2 El contexto del puerto comercial de Puerto de Sagunto.....	5
1.3 Identificación de los posibles impactos antrópicos y debilidades del entorno resultado de las actividades marítimas en el puerto comercial de Puerto de Sagunto	7
1.3.1 Descarga accidental de hidrocarburos	7
1.3.2 Compuestos antifouling	9
1.3.3 Impactos resultantes de la alta densidad poblacional de <i>Mytilus</i> <i>galloprovincialis</i> (Lamark, 1819) en la batea abandonada y zonas adyacentes del dominio bentónico.....	11
1.3.4 Aguas de lastre y especies invasoras	13
1.3.5 Contaminación acústica.....	14
1.3.6 Carga y descarga de mercancías.....	15
1.4 Hábitats y comunidades bentónicas portuarias en sustratos duros	15
1.5 Anélidos poliquetos en el bentos marino.....	18
1.6 Antecedentes e importancia del estudio	22
2. Objetivos.....	26
3. Material y métodos.....	27
3.1 Zona de estudio	28
3.2 Muestreo en sustrato duro	29
3.3 Pretratamiento y conservación del material	30
3.4 Catálogo de muestras estudiadas	30
3.5 Técnicas de estudio	35
3.5.1 Separación y cuantificación de los grupos zoológicos y algales	35
3.5.2 Estudio de la taxocenosis de anélidos poliquetos de la familia Nereididae	36
3.6 Organización y tratamiento de datos.....	37
4. Resultados y discusión	39

4.1 Listado de las comunidades bentónicas identificadas en el puerto comercial de Puerto de Sagunto	39
4.2 Piso Supralitoral (Muelle)	39
4.3 Piso Mediolitoral (Muelle)	41
4.3.1 Diferencias en la biocenosis de organismos modulares/gregarios y cobertura algal en el horizonte inferior del piso mediolitoral entre las zonas de muestreo muelle y espigón en la campaña 1	44
4.3.2 Diferencias en la biocenosis de organismos unitarios en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral de las zonas de muestreo muelle y espigón en la campaña 1	46
4.4 Piso Infralitoral:.....	48
4.4.1 Descripción de las comunidades bentónicas del Piso Infralitoral en la zona del espigón	49
1.Comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados	49
2. Enclave circalitoral de facies de paredes techos y cuevas	55
4.4.2 Descripción de las comunidades bentónicas del Piso Infralitoral en la zona del muelle.....	59
1.Comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados	59
2.Comunidad de las Algas Hemifotófilas	66
4.5 Análisis de similaridad de las muestras.....	73
4.6 Resumen de la distribución de anélidos poliquetos en las comunidades bentónicas del puerto comercial de Puerto de Sagunto	76
4.7 Listado y descripción de los géneros y especies de Anélidos Poliquetos identificados.....	78
5.Conclusiones	94
6. Líneas futuras.....	97
7. Bibliografía y webgrafía	98
8. Anexo I	110

Índice de figuras:

Figura 1: Puerto comercial de Puerto de Sagunto.....	5
Figura 2: Localización del puerto comercial de Puerto de Sagunto.	6
Figura 3: Posibles vertidos de hidrocarburos detectados en el Mar Mediterráneo entre 1999 y 2004 a partir de imágenes satélite.....	8
Figura 4: Esquema de la lixiviación de una matriz antifouling.	10
Figura 5: Diagrama de cajas mostrando la distribución de la tolerancia de los diferentes taxones frente a condiciones pobres en oxígeno disuelto.	12
Figura 6: Esquemas y terminología útil para la identificación de los Poliquetos de la familia Nereididae.	21
Figura 7: Dotación del B/O Tarro Blanco realizando los preparativos para el tamizado y conservación de las muestras.....	27
Figura 8: Subzonas de muestreo en el Dique de Levante del puerto comercial de Puerto de Sagunto, espigón y muelle.....	28
Figura 9: Raspado del bentos rocoso infralitoral en el espigón del puerto comercial de Puerto de Sagunto.....	29
Figura 10: (A) Registro de la profundidad y orientación del bentos rocoso infralitoral en el espigón del puerto comercial de Puerto de Sagunto. (B) Anotación de los datos topográficos.	30
Figura 11: Elevada densidad de <i>Chthamalus stellatus</i> y presencia de dos ejemplares de <i>Fucellia maritima</i> en la cota superior del Piso Supralitoral del muelle del puerto comercial de Puerto de Sagunto.....	40
Figura 12: Litorínidos en las cavidades del sustrato para protegerse de la desecación y predación.....	41
Figura 13: Piso Mediolitoral del muelle del puerto comercial de Puerto de Sagunto, se observa la tendencia opuesta entre la cobertura de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Ellisolandia elongata</i>	42
Figura 14: <i>Pachygrapsus marmoratus</i> en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral	43
Figura 15: Diferencias representativas en la abundancia de los distintos grupos zoológicos en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral en la zona del espigón y muelle.	47
Figura 16: Imagen tomada durante la campaña 1 (noviembre), donde se observa el turf algal sobre el sustrato rocoso infralitoral en la zona del espigón. Se muestran los pilotos del proyecto LIVING PORTS.	50

Figura 17: Imagen tomada durante la campaña 2 (marzo), donde se observa el turf algal sobre el sustrato rocoso infralitoral en la zona del espigón. Se muestran los pilotos del proyecto LIVING PORTS, parcialmente enterrados por la retención de los sedimentos por parte del turf algal.	50
Figura 18: Composición de organismos unitarios de la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del espigón.....	53
Figura 19: Composición de organismos unitarios en los Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.	57
Figura 20: Presencia de ofiuras en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas.	58
Figura 21: Turf algal presente en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.....	59
Figura 22: Turf algal creciendo sobre una colonia de <i>Oculina patagonica</i> en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.....	60
Figura 23: Hidrozoos presentes en el turf algal en la zona del muelle.....	61
Figura 24: Bioconstrucción de <i>Schizoporella cf. errata</i> en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle, se observa un ejemplar de <i>Branchiomma luctuosum</i>	62
Figura 25: Composición de organismos unitarios de la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.....	64
Figura 26: (A) Cobertura del turf algal compuesto por rodófitas filamentosas en la cota superior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas. (B) Turf algal en la cota inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas.....	66
Figura 27: (A) Ejemplar de <i>Eunicella cf. cavolini</i> con tamaño reducido afectado por el turf algal en la cota superior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas, se observa además la elevada densidad del foronídeo <i>Phoronis muelleri</i> . (B) Ejemplar de <i>Leptogorgia cf. sarmentosa</i> con tamaño reducido, afectado por el turf algal en la zona de transición entre la cota superior e inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas.	68
Figura 28: Ejemplar de <i>Eunicella cf. cavolini</i> en la cota inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas con mayor tamaño y con menos cobertura de turf algal.....	69
Figura 29: Composición de organismos unitarios de la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.....	70
Figura 30: Ejemplar de <i>Felimare picta</i> en la comunidad de las Algas Hemifotófilas con las branquias retraídas.	72
Figura 31: Dondograma de similaridad entre las muestras en base a la presencia/ausencia de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios.	73

Figura 32: Dendograma de afinidad entre grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios realizado a partir del análisis Two-Way.....	75
Figura 33: Distribución de la abundancia de poliquetos errantes y sedentarios en las comunidades identificadas en el dominio bentónico del puerto comercial de Puerto de Sagunto.	76
Figura 34: Distribución de la abundancia de poliquetos nereídos y no nereídos en las comunidades identificadas en el dominio bentónico del puerto comercial de Puerto de Sagunto.	76
Figura 35: Visión lateral de <i>Platynereis dumerilii</i> . Se observan los largos cirros tentaculares posteriores y el cirro dorsal de los podios alargado, con mayor longitud que los lóbulos notopodiales.....	79
Figura 36: Distribución de los paragnatos pectinados en el anillo oral y maxilar de <i>Platynereis dumerilii</i> , visión ventral. (A) Paragnatos en el área IV, (B) Paragnatos en el área III, (C) Paragnatos en las áreas VII y VIII.	80
Figura 37: Paragnatos en el área VI, vista dorsal de <i>Platynereis dumerilii</i>	80
Figura 38: (A) Seda homogonfa falcígera notopodial tendonada de un setígero posterior de <i>Platynereis dumerilii</i> , 400X. (B) Seda heterogonfa falcígera neuropodial tendonada de un setígero posterior, 1000X.	81
Figura 39: Visión dorsal de <i>Neanthes agulhana</i> , se observan los paragnatos en las áreas II y VI.	84
Figura 40: Visión ventral de <i>Neanthes agulhana</i> , se observan los paragnatos en las áreas IV, VII y VIII.	84
Figura 41: Podio birrámeo de <i>Neanthes agulhana</i> . (A) Cirro dorsal, (B) Cirro ventral.	85
Figura 42: Sedas de <i>Neanthes agulhana</i> (setígero posterior). (A) Sedas homogonfas espinígeras notopodiales, (B) Sedas homogonfas espinígeras y heterogonfas falcígeras neuropodiales supraaciculares, (C) Sedas heterogonfas espinígeras y falcígeras neuropodiales infraaciculares.	86
Figura 43: Seda heterogonfa falcígera neuropodial infraacicular de un setígero posterior de <i>Neanthes agulhana</i>	86
Figura 44: Seda homogonfa falcígera notopodial de un podio birrámeo posterior de <i>Nereis sp.</i> (A) Imagen 100X, (B) 200X.	88
Figura 45: Seda homogonfa falcígera notopodial del setígero 52 de <i>Nereis splendida</i> . (A) Tendón subterminal del artejo, (B) Espinulación uniforme del artejo dirigida hacia arriba.	89
Figura 46: Tendón subterminal en la seda supraacicular neuropodial del setígero número 61 de <i>Nereis splendida</i>	90

Figura 47: (A) Seda homogónfa falcígera notopodial de los setígeros posteriores de *Nereis rava* a 400X (B) Comparativa con la ilustración de la seda mencionada presente en la descripción de la bibliografía consultada. 92

Índice de tablas:

Tabla 1: Principales proyectos en los que ha participado la Autoridad Portuaria de Valencia.....	23
Tabla 2: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el espigón durante la campaña 1.....	31
Tabla 3: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el muelle durante la campaña 1.....	32
Tabla 4: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el espigón durante la campaña 2.....	33
Tabla 5: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el muelle durante la campaña 2.....	34
Tabla 6: Criterio elaborado para la valoración cualitativa de los organismos modulares/gregarios.	36
Tabla 7: Criterio elaborado para el calculo de la abundancia aproximada de crustáceos no decápodos.	36
Tabla 8: Listado de comunidades identificadas en el puerto comercial de Puerto de Sagunto, se señala su correspondencia con las muestras.....	39
Tabla 9: Cobertura algal y abundancia cualitativa de organismos modulares en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral durante la campaña 1.	44
Tabla 10: Número de grupos zoológicos y organismos unitarios presentes en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral durante la campaña 1.	46
Tabla 11: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en el horizonte inferior de la Comunidad de la Roca Mediolitoral.....	47
Tabla 12: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del espigón.	51
Tabla 13: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en el espigón.	52
Tabla 14: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados.....	54
Tabla 15: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.....	55
Tabla 16: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.	56

Tabla 17: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.	58
Tabla 18: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.	60
Tabla 19: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.	63
Tabla 20: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.	64
Tabla 21: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.	67
Tabla 22: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.	69
Tabla 23: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.	71
Tabla I.1: Datos de presencia/ausencia de organismos modulares/gregarios utilizados para el análisis de similaridad	110

Resumen:

El puerto comercial de Puerto de Sagunto perteneciente a la Autoridad Portuaria de Valencia (APV) soporta un elevado tráfico marítimo, ya que su localización supone un punto estratégico en el comercio marítimo del Mar Mediterráneo; sin embargo, a pesar del establecimiento de la Política Ambiental y Energética en el año 2000 por parte de la APV, el confinamiento de las aguas portuarias y el impacto de las actividades marítimas tienen importantes repercusiones sobre la fauna bentónica. En el presente estudio, se lleva a cabo una descripción de las comunidades bentónicas portuarias y la taxocenosis de poliquetos nereídos asociada al bentos rocoso del Dique de Levante del puerto comercial de Puerto de Sagunto, a partir de las muestras obtenidas por los buzos en dos campañas que se realizaron durante los meses de noviembre y marzo. Se empleó la técnica del raspado sobre una superficie de 25 cm² del bentos rocoso para cada muestra. En la zona del espigón se identificó la comunidad de las Algas Fotófilas (AF) en medios eutrofizados y Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas, mientras que en el muelle se identificó la comunidad de las AF en medios eutrofizados y Algas Hemifotófilas (AH). Los poliquetos nereídos fueron los más abundantes en todas las comunidades a excepción de las AH, la especie más abundante fue *Platynereis dumerilii* con 186 ejemplares identificados, indicando que se trata de un medio altamente eutrofizado.

Palabras clave: *Puerto comercial, Sagunto, Sustrato rocoso, Comunidades bentónicas, Nereididae, Eutrofización.*

Abstract:

The commercial port of Puerto de Sagunto belonging to the Port Authority of Valencia (PAV) supports high maritime traffic since its location is a strategic point in the maritime trade of the Mediterranean Sea, however, despite the establishment of the Environmental Policy and Energy in 2000 by the PAV, the confinement of port waters and the impact of maritime activities have important repercussions on benthic fauna. In the present study, rocky benthic communities and the associated assemblage of polychaetes belonging to the family Nereididae present on the sloping and vertical seawalls of the commercial port of Puerto de Sagunto are described. Samples were obtained by divers within two campaigns carried out during November and March. Scraping technique was used on a 25 cm² surface of the rocky benthos for each sample

and the general literature of polychaetes were used for the identification of nereids. In the area of the sloping seawall, the community of Photophilic Algae (PA) in eutrophic medium and sciaphilic cave communities are identified, while on the vertical seawalls PA in eutrophic medium and Hemiphotophilic Algae (HA) are identified. The Nereididae family is the most abundant in all communities except in HA, the most abundant species is *Platynereis dumerilii* with 186 identifies specimens, indicating that it is a highly eutrophic medium.

Key words: *Commercial port, Sagunto, Rocky substrate, Benthic communities, Nereididae, Eutrophication.*

1.Introducción:

1.1 Perspectiva histórica y actual de los puertos:

La estrecha relación entre los puertos y las ciudades es un tema recurrente a lo largo de la historia de las civilizaciones (Hoyle, 1997; Boulos, 2016), los puertos suponen una zona de conflicto (Chatzinikolaou *et al.*, 2018), cooperación y cambio que siendo un elemento imperativo en el espacio económico actual, simbolizan la interdependencia del medioambiente y la sociedad e incumben la fusión de experiencias históricas y culturales (Hoyle, 1997; Pearson *et al.*, 2016). En términos espaciales y temporales, los puertos y las regiones a las que sirven constituyen un componente fundamental en la estructura espacial, organización y reorganización de las economías y las sociedades y en la relación entre las sociedades y su entorno, puesto que suponen nodos de transporte que facilitan el crecimiento económico de una región a través de diferentes escalas (Hoyle, 1997; Boulos, 2016).

Los puertos y sus zonas costeras asociadas se encuentran ante una gran diversidad de cambios y presiones derivados de las circunstancias locales en la interfase tierra-mar y los sistemas de transporte marítimo y terrestre (Hoyle, 1997). Además, a lo largo de las últimas décadas hasta la actualidad, las innovaciones tecnológicas han permitido incrementar el tamaño de los buques mercantes, obligando a expandir los espacios portuarios y sus terminales (Dimitriou *et al.*, 2020) debido a los grandes requerimientos de espacio terrestre y acuático, o incluso dejando obsoletos ciertos espacios portuarios, obligando a buscar nuevas alternativas para la construcción de infraestructuras portuarias que cumplan con las exigencias del comercio marítimo en las próximas décadas (Hoyle, 1997). En consecuencia, suponen espacios con una gran cantidad de conexiones que por ende dan lugar a problemas económicos, sociales y ambientales (Hoyle, 1997; Boulos, 2016; Pearson *et al.*, 2016; Chatzinikolaou *et al.*, 2018).

El Mar Mediterráneo, constituye un espacio estratégico para la navegación marítima dada su conexión al oeste con el océano Atlántico a través del Estrecho de Gibraltar, y su conexión con el Mar Rojo y el Mar Negro al este a través del Canal de Suez y Bósforo respectivamente. Según Chatzinikolaou *et al* (2018), en el Mediterráneo existen aproximadamente 480 puertos comerciales y terminales, otorgando una gran importancia al Mar mediterráneo en términos de comercio marítimo, donde aproximadamente 70,000 buques mercantes curzan el Estrecho de Gibraltar cada año,

55,000 cruzan el Estrecho de Bósforo y 16,000 el Canal de Suez, sin incluir ferries y barcos o buques no mercantes.

La intensa actividad humana en los puertos lleva a algunos autores como Pearson *et al* (2016) a clasificarlos como “cuerpos de agua altamente modificados”, además otros autores como Templado *et al* (2012) dan un nombre concreto para el hábitat originado por el hombre que constituyen dichas aguas designándolo como aguas portuarias. Puesto que constituyen espacios alterados por la actividad humana que en muchas ocasiones no contemplan los criterios ecológicos establecidos en la Directiva Marco del Agua (WFD 2000/60/EC), que establece que un cuerpo de agua tiene que ser protegido como un recurso ambiental, no sólo como un espacio susceptible a ser explotado (Dimitriou *et al.*, 2020).

En este sentido, los puertos hoy en día se caracterizan por su bajo hidrodinamismo, reducida concentración de oxígeno disuelto (O_2 dis), alto contenido en materia orgánica (MO) y por la polución causada por las actividades marítimas y descarga incontrolada de efluentes (Chatzinikolaou *et al.*, 2018). Desde un punto de vista ambiental, los puertos son una fuente considerable de impacto ambiental tanto en el medio marino como en el terrestre (Darbra *et al.*, 2005). De forma general, las alteraciones antrópicas en los sistemas naturales son notablemente visibles en los puertos, puesto que centralizan una gran cantidad de problemas ambientales como las emisiones de contaminantes, contaminación acústica, descarga accidental de hidrocarburos y aceites, dragados y transporte de sedimentos, instalaciones industriales (pe: estructuras destinadas al manejo de contenedores), construcción de espigones y diques, descarga de aguas residuales, lixiviación de compuestos tóxicos antifouling, almacenamiento y descarga accidental de materiales nocivos para el medioambiente e introducción de especies exóticas y especies exóticas invasoras, entre otros (Braathen, 2011; Chatzinikolaou *et al.*, 2018; Noyel y Desai, 2020).

En consecuencia, los puertos y las tierras y aguas que se sitúan en sus alrededores son un espacio escaso, complejo y vulnerable desde el punto de vista económico y ambiental (Darbra *et al.*, 2005; Pearson *et al.*, 2016), es por ello que en las últimas décadas se ha prestado especial atención a la planificación y gestión de los puertos del Mediterráneo para poder integrar la conservación de sus hábitats adyacentes con cuestiones económicas como el desarrollo económico local y nacional (Pearson *et al.*, 2016).

1.2 El contexto del puerto comercial de Puerto de Sagunto:

El puerto comercial de Puerto de Sagunto (Fig. 1) es uno de los puertos más importantes de la península Ibérica dada su relación con el desarrollo del sector siderometalúrgico a lo largo del siglo XX. Actualmente tiene un impacto económico de 1,817 millones de euros y se considera como el puerto más importante en el transporte marítimo de productos siderometalúrgicos a nivel nacional, transportando un total de 1,936,440 toneladas de mercancía en el año 2020, destaca el hierro entre sus mercancías. Además, el puerto ha diversificado durante los últimos años el transporte de mercancías, llegando a tener una gran importancia los productos energéticos y abonos. Respecto a los productos energéticos, suponen un peso total de 1,341,524 t para el año 2020, destacan el gas natural (1,326,563 t), carbono y coque de petróleo (10,516 t) y los biocombustibles (3,247 t), aunque también en menor medida se transportan otros productos petrolíferos (240 t), fuel (871 t), gasolina (66 t) y gasoil (21 t). Por otra parte los abonos naturales y artificiales suponen una cifra de 421,188 t. Cabe destacar el elevado tránsito marítimo que alberga el puerto en al año 2020 un total de 1,206 buques mercantes navegaron por sus aguas (Autoridad Portuaria de Valencia, 2021).



Figura 1: Puerto comercial de Puerto de Sagunto (APV, 2021).

El puerto se sitúa en la franja litoral del municipio de Puerto de Sagunto, concretamente entre las coordenadas 39° 39' 9.33"N, 0° 12' 20.32"O al Norte y 39° 37' 44.81"N, 0° 12' 58.39"O al Sur, lo que supone una ubicación privilegiada para el transporte marítimo interoceánico y regional, ya que su proximidad al eje Suez-Gibraltar y la distancia reducida entre los países del Sur de Europa y del Norte de África lo convierte en un punto estratégico en el tráfico marítimo del Mediterráneo Occidental (Fig. 2). En este sentido, sus más de mil conexiones con puertos de todo el mundo lo establecen como una de las mejores opciones del Sur de Europa para el comercio marítimo (APV, 2021).



Figura 2: Localización del puerto comercial de Puerto de Sagunto, Mar Mediterráneo. (Autor: Alejandro Suay)

Según la APV (2021), en términos medioambientales el puerto se encuentra regulado por la Política Ambiental y Energética de la Autoridad Portuaria de Valencia, aprobada por el Consejo de Administración de la Autoridad Portuaria de Valencia el 12 de abril de 2000, revisada el 14 de mayo de 2015 y actualizada el 11 de noviembre de 2016 para integrar aspectos energéticos. Dicha política incumbe:

1. La mejora de la calidad de las aguas a través de: la limpieza diaria de residuos, estudios periódicos de la calidad del agua para cumplir los requisitos establecidos en la Directiva Marco del Agua (WFD 2000/60/CE) y la puesta a punto de un plan de contingencia para actuar frente a vertidos de hidrocarburos.
2. Mejora de la calidad del aire a través de: cabinas de control de la calidad del aire, dos captadores de partículas, tres estaciones meteorológicas y herramientas informáticas que integran y gestionan los datos en tiempo real.
3. Mejora de la calidad acústica a través de: mapas de ruido predictivo, medida empírica del ruido y una red de sonómetros que proporcionan medidas *in situ* en la franja entre el puerto y la ciudad.
4. Adecuación de los dragados a través de: procedimientos rigurosos para minimizar el impacto ambiental empleando maquinaria específica.
5. Gestión de los residuos a través de: contenedores de recogida selectiva, punto de recogida de residuos peligrosos, centro de transferencia de residuos y planta de recogida y tratamiento de residuos.

Además, la Autoridad Portuaria de Valencia cuenta con campañas de sensibilización ambiental que tienen como objetivo la integración de la Política Ambiental y la comunidad portuaria. Finalmente, desde 1998 ha sido participe de múltiples iniciativas y proyectos I+D+i a nivel nacional e internacional en temáticas ambientales, de los cuales los más relevantes serán mencionados en apartados posteriores (APV, 2021).

1.3 Identificación de los posibles impactos antrópicos y debilidades del entorno resultado de las actividades marítimas en el puerto comercial de Puerto de Sagunto:

1.3.1 Descarga accidental de hidrocarburos:

Según Chatzinikolaou *et al* (2018) en el Mar Mediterráneo durante el año 2006 se transportaron 421 millones de toneladas de hidrocarburos, de las cuales 220 millones de toneladas fueron cargadas en puertos comerciales del Mediterráneo. Aproximadamente se vierten unas 400,000 toneladas de hidrocarburos en el Mar Mediterráneo cada año (Fig. 3), sobre todo en los puertos comerciales durante operaciones rutinarias relacionadas con los buques mercantes como el repostaje (Chatzinikolaou *et al.*, 2018). Es por ello, que los vertidos de hidrocarburos suponen una de las mayores fuentes de polución en el Mar Mediterráneo, amenazando a largo plazo

los ecosistemas marinos y costeros (Abdulla y Linden, 2008), pudiendo afectar en consecuencia a las comunidades bentónicas del puerto comercial de Puerto de Sagunto.

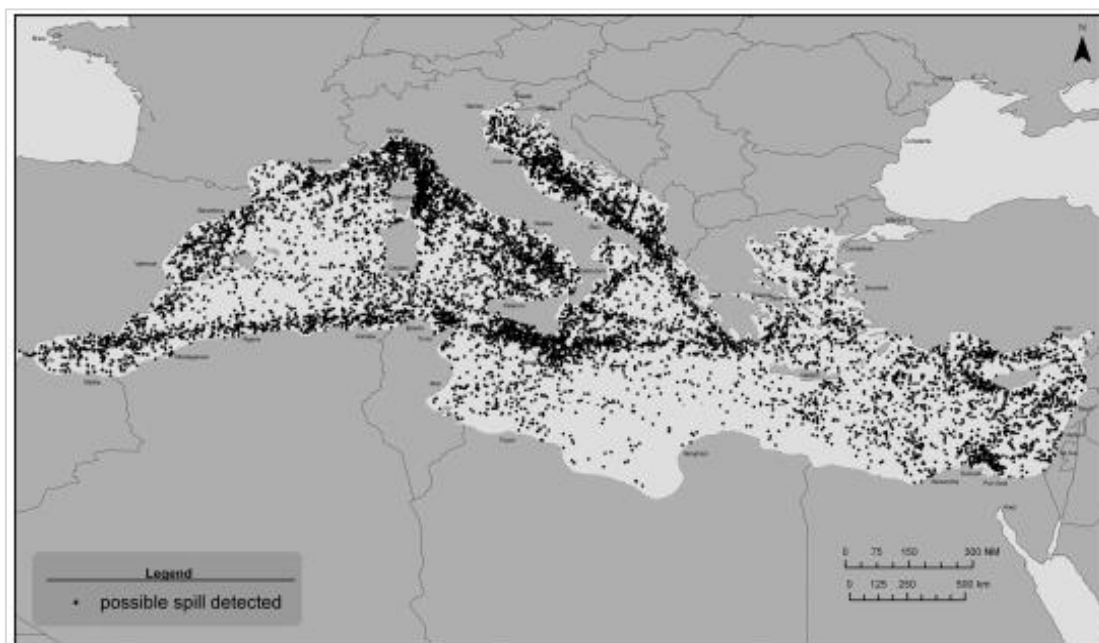


Figura 3: Posibles vertidos de hidrocarburos detectados en el Mar Mediterráneo entre 1999 y 2004 a partir de imágenes satélite (Ferraro *et al.*, 2009).

Los hidrocarburos tienen un comportamiento hidrofóbico, por ello son adsorbidos por el material particulado, incorporándose finalmente en el sedimento o en los organismos bentónicos (De Luca *et al.*, 2005; Abdulla y Linden, 2008). A pesar de ello, dada la complejidad de muchos de los compuestos hidrocarbonados como es el caso del petróleo, éste a menudo viene acompañado de compuestos como el tolueno o el benceno, entre otros, que pueden incorporarse en la columna de agua dada su mayor solubilidad (Abdulla y Linden, 2008). En consecuencia, tanto el dominio pelágico como el bentónico se ven afectados, aunque como explica De Luca *et al.* (2005) la concentración de hidrocarburos en el sedimento puede ser hasta 1000 veces mayor que en la columna de agua, ya que al adherirse al material particulado son más resistentes ante la biodegradación y por tanto más persistentes en el tiempo.

Entre los distintos tipos de hidrocarburos que se vierten al mar, los hidrocarburos aromáticos (PAHs) suponen el grupo más tóxico, persistente y ubiquista (De Luca *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2007; Abdulla y Linden, 2008; Chatzinikolaou *et al.*, 2018). Sus impactos en la biota en cuanto a individuos se refiere varía según la concentración, a bajas concentraciones pueden alterar aspectos reproductivos como la maduración

sexual, afectar a la integridad celular del organismo (Abdulla y Linden, 2008) o causar alteraciones del comportamiento que dan lugar a una reducción de la alimentación (Culbertson *et al.*, 2007), mientras que a altas concentraciones pueden llegar a causar la muerte de los organismos (Abdulla y Linden, 2008). Por otra parte, en las comunidades, causa una perturbación que da lugar a una selección competitiva de las especies más tolerantes (Abdulla y Linden, 2008), resultando en un deterioro de la integridad de las comunidades bentónicas portuarias (Martínez *et al.*, 2007).

1.3.2 Compuestos antifouling:

El biofouling marino es un término bien conocido en la industria marítima por las pérdidas millonarias que ocasiona, algunos autores como Lewis (1998) lo definen como un proceso de adsorción, colonización y desarrollo de material vivo y no vivo en un sustrato sumergido o semisumergido, que describe la comunidad de organismos que se adhieren y crecen en las superficies externas de objetos naturales o artificiales que se encuentran sumergidos o semisumergidos en el mar (Dafforn *et al.*, 2011).

El biofouling marino causa grandes pérdidas en la industria marítima dado que reduce la hidrodinámica, velocidad, aumenta el peso y acelera la corrosión de los buques, por ello se incrementa el gasto de combustible y se reduce la velocidad de navegación (Lewis, 1998; Dafforn *et al.*, 2011). Según Lewis (1998) un buque de 250,000 toneladas que se vea afectado en más de un 5% de su obra viva por el biofouling puede incrementar el coste de combustible en más de 1 millón de dólares al año, incluso un tapete microbiano de 1 mm puede incrementar la fricción en un 80%, causando una pérdida del 15% de la velocidad del buque.

Como consecuencia, para evitar o reducir las adversidades generadas por el biofouling se emplean compuestos antifouling, que suponen un conjunto de compuestos tóxicos entre los que destaca el tributilo de estaño (TBT) que se incorpora en las pinturas para generar una matriz que actúa como biocida previniendo el asentamiento de los organismos (Dafforn *et al.*, 2011). Sin embargo, la excesiva tasa de lixiviación de las pinturas antifouling supone una peligrosa fuente de contaminación (Fig. 4) dada su gran distribución y toxicidad (Gadd, 2000; Antizar, 2008) que acaba por afectar a organismos no objetivo.

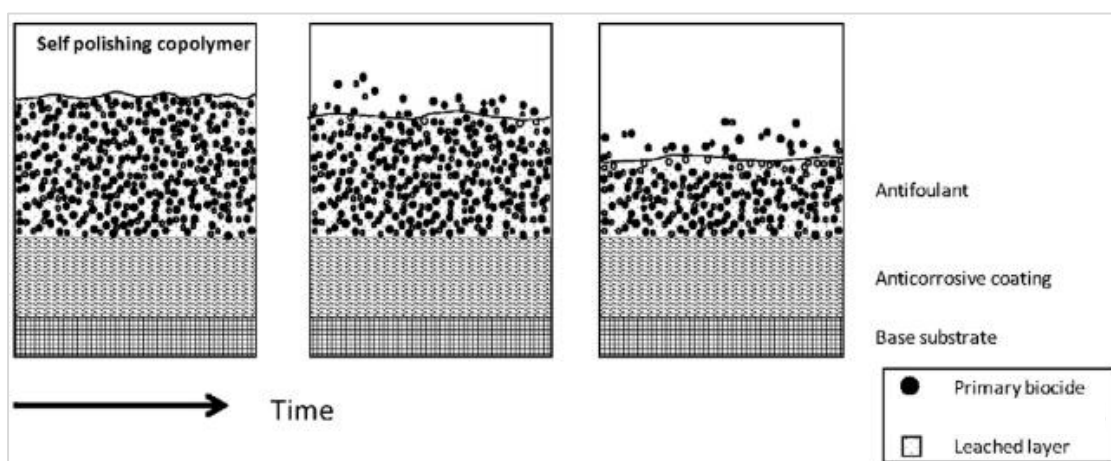


Figura 4: Esquema de la lixiviación de una matriz antifouling (Dafforn *et al.*, 2011).

En este sentido, las comunidades bentónicas del puerto comercial de Puerto de Sagunto pueden verse afectadas por los contaminantes biocidas, ya que causan efectos negativos en la estructura y función de las comunidades marinas (Antizar, 2008; Dafforn *et al.*, 2011). El TBT es fuente de malformaciones, imposexo, crecimiento ralentizado y alta mortandad larvaria entre otros (Lewis, 1998; Antizar, 2008; Dafforn *et al.*, 2011), mientras que a nivel ecosistémico puede biomagnificarse a través de la cadena trófica e incluso tener efectos adversos para los seres humanos al ingerir alimento marino contaminado (Antizar, 2008; Dafforn *et al.*, 2011). A pesar de la prohibición total del uso del TBT en pinturas antifouling en el año 2008 por la Organización Marítima Internacional (Antizar, 2008), sus efectos negativos pueden prolongarse largos periodos en el tiempo dado que presentan una persistencia estimada de decenas de décadas sobre todo en condiciones anaeróbicas (Gadd, 2000; Chien *et al.*, 2002).

Son escasos los estudios que cuantifican la concentración de TBT en el sedimento y aguas de puertos españoles, sin embargo, como indican Prego y Cobelo (2003) en su estudio sobre las concentraciones de diversos contaminantes en las aguas de las rías gallegas, las áreas marinas sujetas a una mayor industrialización presentan las concentraciones de TBT más elevadas en la columna de agua, con concentraciones de hasta 1150 ng L^{-1} que supone una cantidad más que suficiente como para alterar la estructura y función de las comunidades bentónicas, ya que como indica Antizar (2008) una concentración de 50 ng L^{-1} es suficiente para afectar a la integridad de las comunidades.

1.3.3 Impactos resultantes de la alta densidad poblacional de *Mytilus galloprovincialis* (Lamark, 1819) en la batea abandonada y zonas adyacentes del dominio bentónico:

En el puerto comercial de Puerto de Sagunto se encuentra una batea donde se cultivaba el molusco bivalvo *Mytilus galloprovincialis* (Lamark, 1819), dicha producción puede suponer una gran fuente de contaminación, ya que aunque a primera vista la instalación se encuentra abandonada sigue albergando una gran densidad poblacional de *M.galloprovincialis*. Tal y como indica Cranford *et al* (2009), una alta densidad poblacional de bivalvos filtradores en aguas costeras someras puede afectar a la estructura y función del ecosistema debido al control de las diferentes poblaciones de organismos pertenecientes al fitoplancton y una alteración en la concentración de nutrientes resultante de la excreción de amoníaco y la biodeposición de MO.

En este sentido, la carga excesiva de MO resultante de la biodeposición en los sustratos adyacentes a la batea puede efectar al flujo de energía y al ciclo de los nutrientes (ciclo del nitrógeno mayoritariamente) a escala ecosistémica e incumbir a los diferentes niveles tróficos, sobre todo en aquellos lugares donde el tiempo de residencia del agua es prolongado y la biomasa de moluscos bivalvos es elevada (Christensen *et al.*, 2003; Newell, 2004; Cranford *et al.*, 2007; Cranford *et al.*, 2009; Gammal *et al.*, 2017).

A lo largo de la literatura son numerosos los autores que citan que el cultivo de bivalvos filtradores puede provocar fuertes variaciones en la concentración de O₂ dis, tanto en la columna de agua como en el sedimento (Metzger *et al.*, 2007; Cranford *et al.*, 2009; Gammal *et al.*, 2017). La gran disponibilidad de MO permite la proliferación de los microorganismos descomponedores, que utilizan la MO como fuente de energía y carbono; sin embargo, al utilizar el O₂ dis para llevar a cabo la descomposición da lugar a condiciones de hipoxia en la columna de agua y sedimento (Metzger *et al.*, 2007), más notable aun cuando la columna de agua se encuentra estratificada (Carstensen *et al.*, 2014; Gammal *et al.*, 2017; Gammal, 2019) debido a las variaciones estacionales en la distribución de la temperatura en la columna de agua o efluentes que generan un fuerte gradiente de densidades.

En cuanto a los efectos de dichas condiciones en el ecosistema, la biodiversidad se ve claramente reducida dando lugar a una menor resiliencia (Gammal, 2019), muchos organismos no son capaces de sobrevivir (Fig. 5A-C), sin embargo aquellos

organismos que soportan las duras condiciones pueden verse afectados por un estrés subletal (Fig. 5B) (Matzinger *et al.*, 2007), reduciendo su capacidad para competir con aquellas especies más tolerantes, es por ello que las especies más sensibles son eliminadas y reemplazadas por especies oportunistas capaces de proliferar en dichas condiciones. De este modo, se produce un repentino cambio en la estructura y función de las comunidades bentónicas, ya que la hipoxia es un factor crítico en el desarrollo de la estructura a nivel de comunidad (Diaz y Rosenberg, 1995; Carstensen *et al.*, 2014).

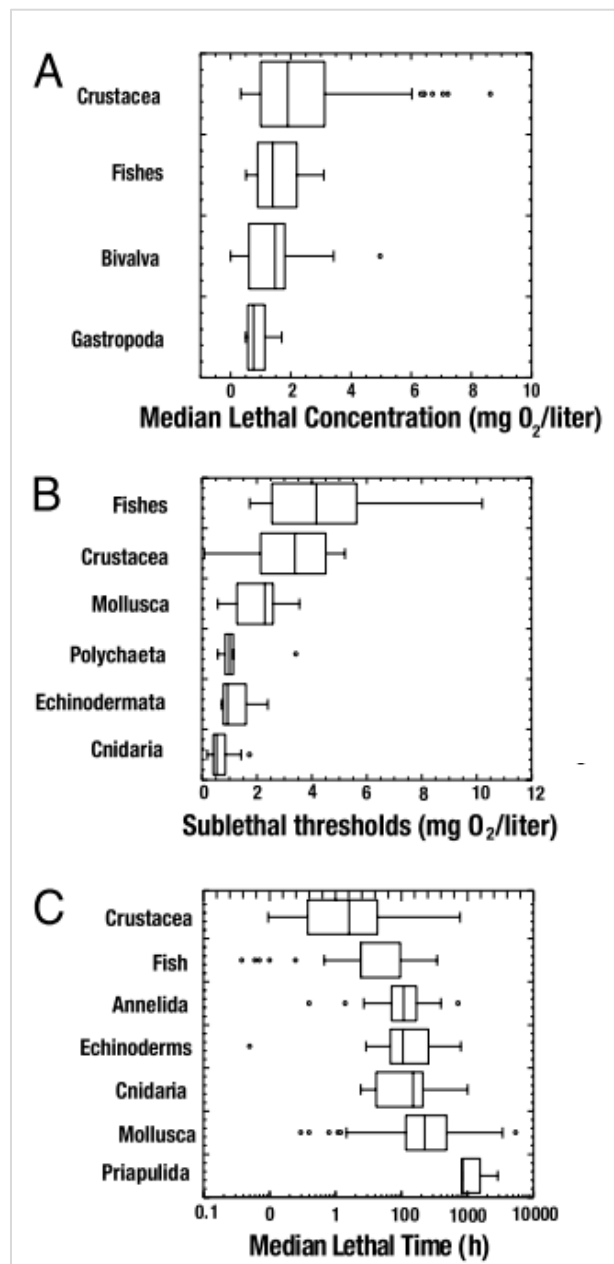


Figura 5: Diagrama de cajas mostrando la distribución de la tolerancia de los diferentes taxones frente a condiciones pobres en oxígeno disuelto. (A) Concentración Media Letal (LC₅₀) (mg O₂/L), (B) Concentración Media Subletal (SLC₅₀) (mg O₂/L), (C) Tiempo Medio Letal (LT₅₀) (mg O₂/L) (Matzinger *et al.*, 2007).

Asimismo, otros efectos de la hipoxia en la biota bentónica son: crecimiento y reproducción reducida, estrés fisiológico, migración forzada, reducción del hábitat apropiado para el asentamiento larvario, vulnerabilidad ante la predación, alteración de ciclos de vida (Matzinger *et al.*, 2007; Carstensen *et al.*, 2014; Gammal, 2019). Y otros autores como Antoniadou *et al.* (2011) señalan al cultivo de *M.galloprovincialis* como una de las causas principales de la baja cobertura algal en los sustratos rocosos portuarios dada la rápida proliferación y cobertura que ocasiona.

1.3.4 Aguas de lastre y especies invasoras:

Al menos dos tercios de todo el comercio mundial se lleva a cabo por el mar a través de buques mercantes, éstos a su vez para asegurar la estabilidad, flotabilidad y maniobrabilidad requieren de las aguas de lastre (Werschkun *et al.*, 2014). Basado en una estimación para 2013 la descarga total a nivel mundial de aguas de lastre equivale a 3.1 billones de toneladas (Werschkun *et al.*, 2014), y es bien sabido la gran diversidad de organismos que pueden encontrarse en ellas, llegando a ser transportados miles de kilómetros e introducidos en nuevos ecosistemas, donde bajo las condiciones idóneas pueden llegar a asentarse y propagarse dando lugar a una invasión ecológica (Williams *et al.*, 1988; Werschkun *et al.*, 2014), sobre todo en aquellos hábitats deteriorados como los puertos (Vilches *et al.*, 2010).

A nivel global aproximadamente se han registrado 1780 especies invasoras de organismos marinos, de las cuales un 86,3% han sido transportadas gracias a las aguas de lastre de los buques mercantes, es por ello que son consideradas por numerosos autores como uno de los vectores de introducción de especies exóticas más importante (Hewitt *et al.*, 2009; Vilches *et al.*, 2010). En este sentido, las especies exóticas invasoras suponen el segundo factor más relevante en la pérdida de biodiversidad a nivel global después de la destrucción del hábitat, incluso encaminando a muchas de las especies a la extinción (Everett, 2000; Vilches *et al.*, 2010).

Actualmente las aguas de lastre se encuentren reguladas desde el 13 de febrero de 2004 al establecerse el Convenio Internacional sobre Control y Manejo de Agua de Lastre y Sedimento de los Buques, por la Organización Marítima Internacional (OMI) (Werschkun *et al.*, 2014). Sin embargo, a pesar de las diferentes tecnologías disponibles para llevar a cabo el tratamiento de las aguas de lastre, hasta ahora pocas son lo

suficientemente eficaces como para cumplir los requisitos establecidos por la OMI (Werschkun *et al.*, 2014). Por ello, el puerto comercial de Puerto de Sagunto se encuentra amenazado por invasiones ecológicas, habiendo detectado especies invasoras como *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) transportado desde la costa occidental del Océano Atlántico hasta el Mar Mediterráneo a través de las aguas de lastre (Mancinelli *et al.*, 2017), ya que ha sido observado en el espigón exterior del puerto.

Aunque *C.sapidus* en su hábitat original es considerado una especie clave en la estructura y función de las cadenas tróficas bentónicas costeras, en la cuenca mediterránea es considerado una especie exótica invasora cuyos efectos en las comunidades bentónicas aun se encuentran por determinar, pues actualmente existe una gran carencia de datos sobre los impactos de dicha especie (Mancinelli *et al.*, 2017; Box *et al.*, 2020). A pesar de ello, Mancinelli *et al* (2017) mencionan que tiene el potencial de causar un impacto negativo en las comunidades bentónicas en múltiples niveles tróficos. Es preciso mencionar que en los puertos son típicas las especies exóticas invasoras ya que son ambientes perturbados donde las especies oportunistas pueden proliferar en un ambiente con poca competición por los recursos.

1.3.5 Contaminación acústica:

El ruido antrópico ha alterado la acústica ambiental de los sistemas acuáticos y es reconocido actualmente como una fuente mayor de polución, dado el recurrente tráfico marítimo en el puerto comercial de Puerto de Sagunto las comunidades bentónicas portuarias se ven afectadas por dicha fuente de polución, ya que tiene impactos negativos sobre la biota acuática (Chan *et al.*, 2010; Slabbekoorn *et al.*, 2010; Wale *et al.*, 2013; Sordello *et al.*, 2020).

Tal y como explica Wale *et al* (2013) que realiza un estudio del impacto de la contaminación acústica en el crustáceo decápodo *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758), los organismos pueden llegar a ver su crecimiento ralentizado por el ruido constante producido por el tráfico marítimo de los buques mercantes, debido a una respuesta fisiológica que activa un estado de alarma que moviliza reservas energéticas. Para verificar el impacto del ruido en los crustáceos se basa en el consumo de oxígeno de los individuos y concluye que como consecuencia del estrés los individuos expuestos a ruido proveniente de buques mercantes consumen un 68% más de oxígeno que aquellos expuestos al ruido ambiental. Regnault y Lagardere (1983) llevan a cabo un

estudio similar con el decápodo *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) y llegan a una conclusión idéntica.

En este sentido, el ruido antrópico puede llegar a comprometer la supervivencia de los organismos al afectar a su reproducción, comunicación, comportamiento y hacerlos más vulnerables ante la predación (Regnault y Lagardere, 1983; Chan *et al.*, 2010; Slabbekoorn *et al.*, 2010; Kight y Swaddle, 2011; Wale *et al.*, 2013). En definitiva, a pesar de que la mayor parte de la literatura se concentra en el estudio de otro tipo de impactos antrópicos sobre organismos invertebrados (Wale *et al.*, 2013) los efectos negativos de la contaminación acústica son evidentes y no deben pasar desapercibidos.

1.3.6 Carga y descarga de mercancías:

Las actividades de carga y descarga de mercancías pueden tener impactos variables en función de la naturaleza de la carga, si la carga se encuentra en contenedores el impacto es nulo, sin embargo, si la carga es granel tanto sólido como líquido hay un gran impacto en el medio, ya que se producen vertidos en las operaciones de carga y descarga; son peligrosos los graneles de abonos y productos alimentarios (Sáez, 2007), llegando a provocar la eutrofización de las aguas. En el puerto comercial de Puerto de Sagunto se cargan y descargan 1,598,701 toneladas de granel líquido, 691,555 t de granel sólido y 3,276,462 t de mercancía no containerizada (APV, 2021), por ello la carga y descarga de granel puede tener fuertes efectos sobre el medioambiente portuario.

1.4 Hábitats y comunidades bentónicas portuarias en sustratos duros:

Los organismos macrobentónicos son ubiquistas a lo largo de los mares y océanos de todo el mundo, su forma de vida compleja y única les permite adaptarse y sobrevivir bajo diferentes condiciones sobre el dominio bentónico (Kasihmuddin y Cob, 2021). Además, la macrofauna juega un papel crucial en la estructura y función de los ecosistemas bentónicos marinos (Dreujou *et al.*, 2020; Noyel y Desai, 2020).

Las instalaciones portuarias tienen un efecto importante sobre las comunidades bentónicas que en ellas encontramos, generalmente caracterizadas por una baja diversidad algal (Ballesteros, 1988; Rodríguez *et al.*, 1997) consecuencia de la baja

renovación de agua y su menguante calidad, ya que se encuentran bajo la influencia de diversos impactos antrópicos fruto de la actividad marítima industrial y recreativa.

Los puertos incumben a los tres pisos superiores del dominio bentónico (Supralitoral, Mediolitoral e Infralitoral), en ellos encontramos distintos hábitats mencionados por Templado *et al* (2012), se distribuyen a lo largo del dominio bentónico (duro y blando) y pelágico. En el dominio pelágico encontramos las aguas portuarias, mientras que en el dominio bentónico destacan los fangos y arenas fangosas portuarias y el sustrato duro portuario.

Por otra parte, Sáez (2007) lleva a cabo una descripción más detallada de los hábitats portuarios, en el sustrato rocoso del interior de los puertos destacan:

1. *Paredes de muelles*: representa el hábitat de mayor extensión de las áreas portuarias interiores, por ello se ve poco influenciado por el oleaje y suponen sustratos verticales con una superficie homogénea. Los niveles de iluminación son altos en la parte superior, aunque con la profundidad dada la turbidez de las aguas puede llegar a la oscuridad casi total en el fondo durante el día.
2. *Grietas, techos y paredes oscuras*: se localizan en los espacios creados entre los bloques de hormigón de las escolleras, en las grietas de los muelles y escolleras y en las paredes que se encuentran bajo la influencia de estructuras que reducen la exposición del sustrato a la luz. El hidrodinamismo es reducido y las condiciones esciáfilas son permanentes.
3. *Sustratos rocosos del fondo de las dársenas*: constituidos por los afloramientos rocosos del dominio bentónico en el interior de los puertos, donde el hidrodinamismo al igual que la iluminación es reducido. Se ven influenciados por la sedimentación y resuspensión de fangos como resultado del paso de los buques mercantes.
4. *Fouling*: el fouling puede formar parte del casco de las embarcaciones, de estructuras flotantes portuarias y de las cadenas y estructuras de amarre. La exposición a la luz e hidrodinamismo es variada y depende del tipo de estructura y su posición en las aguas del puerto (interior/exterior). Aunque se caracterizan por ser hábitats con elevada movilidad.

5. *Bateas para el cultivo del mejillón*: incumbe a los cabos empleados para sostener la batea y el propio cultivo de mejillones, donde las especies criptófilas encuentran un hábitat idóneo para proliferar entre las grietas y huecos generados entre los mejillones.
6. *Escolleras interiores*: se trata de sustratos duros con una exposición variable a la luminosidad dadas las diferentes orientaciones del sustrato y la turbidez del agua, dicho sustrato proporciona una gran heterogeneidad espacial que favorece al asentamiento de los organismos. El hidrodinamismo es reducido ya que se encuentran en el interior del puerto. Dentro de este tipo de hábitat se puede diferenciar los niveles superficiales de escolleras internas que comprende desde la superficie hasta medio metro de profundidad y se caracterizan por un mayor grado de hidrodinamismo, alta oxigenación e iluminación.

Como se ha comentado brevemente en apartados anteriores, el confinamiento de las aguas por las estructuras portuarias (muelles, espigones) tiene importantes repercusiones sobre las condiciones ambientales. Como consecuencia, el medio portuario evoluciona en aislamiento del medio marino exterior y se encuentra expuesto de forma constante a numerosos impactos que pueden alterar las condiciones ambientales durante largos periodos.

En este sentido, en los hábitats portuarios de sustrato duro, anteriormente mencionados, encontramos comunidades bentónicas constituidas principalmente por un stock básico de especies cosmopolitas altamente tolerables ante los cambios ambientales (Antoniadou *et al.*, 2011; Riera *et al.*, 2013). Dichas comunidades destacan por la presencia de facies de *M.galloprovincialis*, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758), cirrípedos en los Pisos Supralitoral y Mediolitoral y en las zonas más someras del piso infralitoral (Loi, 1981; Saiz y Urkiaga, 1999; Antoniadou *et al.*, 2011), briozoos, antozoos y una elevada abundancia de poliquetos sobre todo de serpúlidos favorecidos por el hidrodinamismo reducido (Karalis *et al.*, 2003; Antoniadou *et al.*, 2011). Todos estos organismos dan lugar a una mayor heterogeneidad espacial, generando una gran cantidad de microhábitats con distintas condiciones que son colonizados por organismos macrobentónicos (Antoniadou *et al.*, 2011). Respecto a las comunidades algales, son homogéneas, con poca diversidad y variabilidad temporal (Antoniadou *et al.*, 2011), destaca sobre todo *Ellisolandia elongata* (Hind y Saunders, 2013) dada su resistencia a la contaminación (Ballesteros, 1988).

Generalmente las comunidades están dominadas por animales y no por vegetales, como resultado, a nivel funcional, hay un descenso de la biodiversidad macrobentónica y una dominancia de suspensívoros (Loi, 1981; Antoniadou *et al.*, 2011), este fenómeno es todavía más notable cuando la inclinación del sustrato aumenta y en áreas con elevada turbidez (Saiz y Urkiaga, 1999). Es preciso señalar que la presencia del turf algal puede alcanzar grandes coberturas (Loi, 1981). Otra de las peculiaridades en las zonas portuarias con una elevada turbidez es la presencia de gorgonias a poca profundidad que dota al entorno de una aprariencia circalitoral (Saiz y Urkiaga, 1999). Los poliquetos errantes son uno de los grupos más abundantes en las comunidades portuarias (Karalis *et al.*, 2003; Antoniadou *et al.*, 2011) siendo típico el nereído *Platynereis dumerilii* (Audouin y Milne-Edwards, 1833) en los ambientes portuarios contaminados del Mar Mediterráneo (Karalis *et al.*, 2003). Generalmente en el sustrato rocoso de los puertos se encuentran las siguientes comunidades: Roca Mediolitoral (RM), RM con poblamiento nitrófilo, Grutas Mediolitorales, Algas Fotófilas (AF), AF en medios eutrofizados, Fouling, Algas Hemifotófilas (AH), Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas, Grutas semioscuras y Grutas en oscuridad total, todas ellas bajo un régimen hidrodinámico calmo o semicalmo.

1.5 Anélidos poliquetos en el bentos marino:

En el presente apartado se realiza una breve introducción de las generalidades e importancia de los Anélidos Poliquetos y un encuadre taxonómico de la familia Nereididae, objeto de estudio en el presente trabajo, tratando sus aspectos más característicos.

Los poliquetos se encuentran entre los organismos más frecuentes, abundantes y dominantes del dominio bentónico marino, presentes en multitud de hábitats naturales y antrópicos como los puertos (Fauchald y Jumars, 1979; Hutchings, 1998; Costello *et al.*, 2010; Templado *et al.*, 2012; Royo, 2016). La mayoría de poliquetos son marinos y se estima que el número de especies descritas en la actualidad es de 12000, de las cuales 1122 especies se encuentran en el Mar Mediterráneo (Royo, 2016). El número de familias varía según la clasificación, Fauchald (1977) nombra un total de 84 familias y Pettibone (1982) 87 familias; sin embargo, la obra más rigurosa y actualizada hasta la fecha sobre la taxonomía de Anélidos Poliquetos elaborada por Rouse y Fauchald (1997) basada en un estudio cladístico admite un total de 80 familias. A pesar de ello,

en otra de sus obras expresa el estado insatisfactorio de la sistemática de anélidos poliquetos (Fauchald y Rouse, 1997).

Dada la complejidad de este gran taxón, con una gran diversidad de formas de vida resulta complicado establecer una descripción general en función de su importancia ecológica, pero sin lugar a dudas podemos definirlos como un grupo fundamental por su rol en el ciclo de los nutrientes y la captación y dispersión de partículas, entre otros, que lleva a autores como Torres-Gavilá (2008) y Royo (2016) a considerarlos como un grupo crucial en el equilibrio de los ecosistemas marinos, incluso otros autores como Shain (2009) consideran la importancia de los poliquetos bentónicos en el dominio pelágico gracias a su contribución en el meroplancton y holoplancton. Además, son numerosas las obras a lo largo de la literatura científica que muestran la tolerancia de los poliquetos ante distintos tipos de contaminación/polución, por ello muchas de las especies que engloba el taxón son indicadoras de alteraciones causadas por las distintas actividades antrópicas que se llevan a cabo en nuestros mares y océanos (Tena, 1996; Torres-Gavilá, 2008; Shain, 2009; Royo, 2016; Chatzinikolaou *et al.*, 2018; Dimitriou *et al.*, 2020). Finalmente, cabe destacar la gran variedad de hábitos tróficos de los Anélidos Poliquetos descrita a lo largo de la literatura por numerosos autores como Fauchald y Jumars (1979) y Tena *et al* (2000) donde destacan los suspensívoros, detritívoros, carnívoros, herbívoros e incluso parásitos (Hutchings, 1998).

Siguiendo la clasificación de Fauchald y Rouse (1997), los Poliquetos forman parte del gran grupo Articulados y dentro de éste de los Anélidos que resulta un grupo monofilético (si se incluyen los Pogonóforos). Dentro del taxón de los poliquetos se distinguen dos ramas principales, *Scolecida* y *Palpata*. Respecto a las sinapomorfias de ambos grupos, *Palpata* se caracteriza por la aparición de palpos, mientras que en *Scolecida* los palpos se encuentran ausentes. Dentro de *Palpata* distinguimos dos nuevas ramas, *Canalipalpata* representada por poliquetos que poseen palpos con surcos ciliados y *Aciculata* que representa a aquellos poliquetos con acículas. Dentro de *Aciculata* último distinguimos dos ordenes, Eunicida y Phyllodocida donde se encuentra incluida la familia Nereididae.

Respecto a la familia Nereididae, supone uno de los grupos de poliquetos más representativos de los poliquetos errantes (Glasby *et al.*, 2000; Viéitez *et al.*, 2004), aunque es preciso señalar que la clasificación de los poliquetos errantes y sedentarios introducida por Audouin y Milne-Edwards en el año 1832 ampliamente utilizada en la clasificación de poliquetos, no es aceptada como taxón según Fauchald y Rouse (1997)

ya que se basa en características morfológicas resultantes de la adaptación y no en relaciones filogenéticas (Viéitez *et al.*, 2004), a pesar de ello existen ciertas incongruencias respecto a la temática siendo aceptada dicha clasificación como subclase por la WORMS, si bien es cierto que actualmente persisten los conflictos por dicha clasificación (Capa y Hutchings, 2021).

La familia Nereididae presenta representantes en una multitud de hábitats, pueden encontrarse en el medio marino desde los charcos litorales hasta las grandes profundidades. Incluso existen representantes terrestres y dulceacuícolas en ríos de alta montaña (Glasby *et al.*, 2000; Viéitez *et al.*, 2004). Se caracterizan por ser especies gregarias que junto a su fácil captura permiten al ser humano otorgarles numerosos usos como carnada para pescar, alimento para acuicultura marina e incluso para consumo humano, además son ampliamente utilizados en docencia (Viéitez *et al.*, 2004). Cabe destacar la gran diversidad de la familia Nereididae con más de 50 géneros y 770 especies (Shimabukuro *et al.*, 2017).

En cuanto a características morfológicas, se caracterizan generalmente por presentar un par de antenas frontales que se encuentran entre dos palpos gruesos biarticulados, el prostomio (fusionado con el peristomio) presenta dos pares de ojos con cristalino dispuestos en trapecio. Otra de las características más representativas para identificar la familia son los 3-4 pares de cirros tentaculares que parten del peristomio y una faringe evaginable con dos anillos; el anillo oral y el anillo maxilar provisto de mandíbulas dentadas quitinosas. Además, en ambos anillos se pueden encontrar paragnatos o en su caso papilas que suponen uno de los caracteres más importantes en su identificación (Fig. 6) (Glasby *et al.*, 2000; Viéitez *et al.*, 2004). Resulta necesario señalar la imposibilidad de describir detalladamente dicha familia como consecuencia del gran número de especies que en ella encontramos, por ello son numerosas las excepciones y combinaciones de morfologías que presentan, estando ausentes algunas de las características descritas anteriormente en algunos casos.

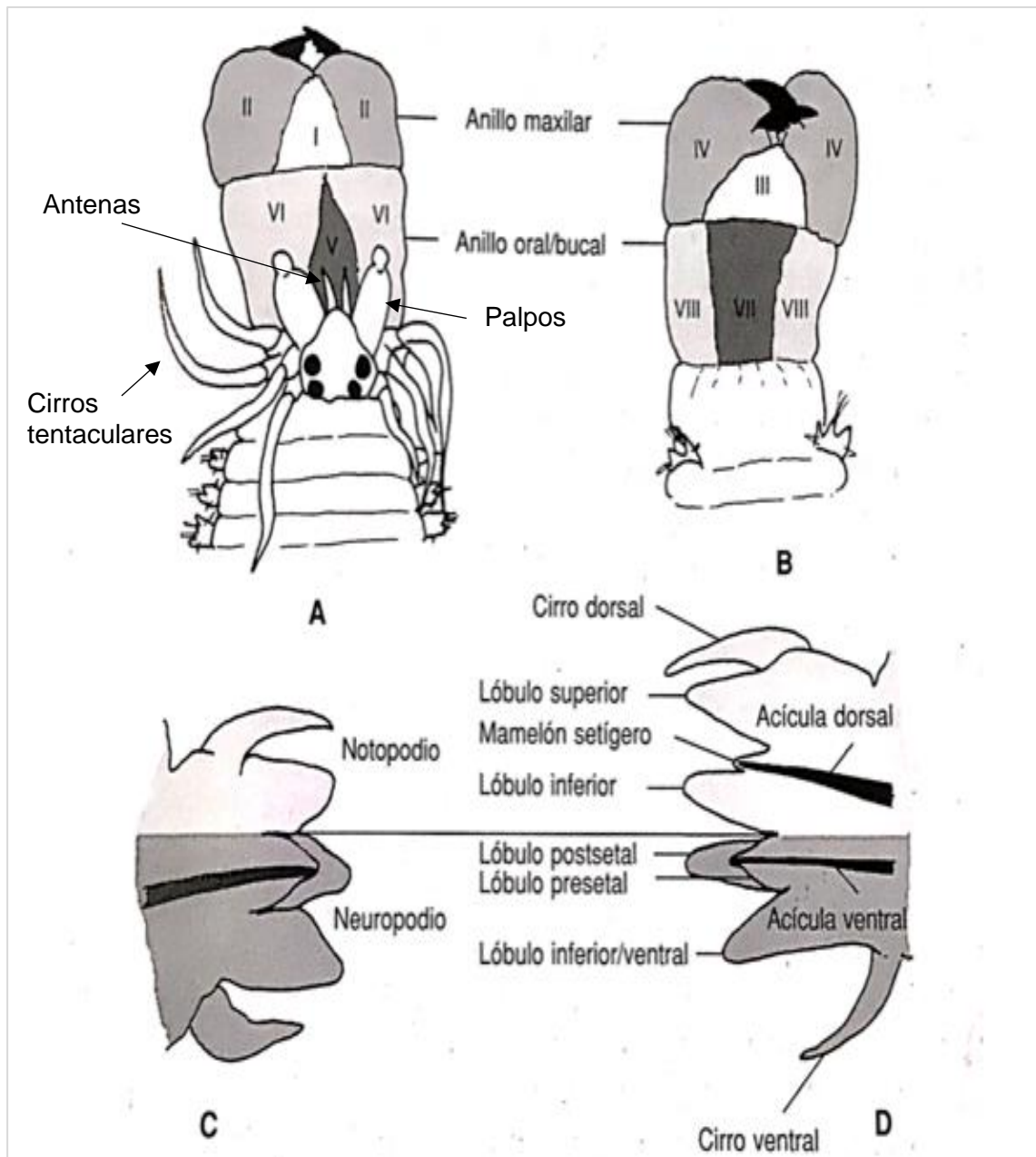


Figura 6: Esquemas y terminología útil para la identificación de los Poliquetos de la familia Nereididae, destaca la zonación de la faringe y la distribución de los paragnatos. (A) Visión dorsal de la parte anterior con la faringe evaginada, (B) Visión ventral de la parte anterior, (C) Podio unirrámeo del primero y segundo setífero, (D) Podio birrámeo a partir del tercer setífero. Figura modificada de Viéitez *et al* (2004).

1.6 Antecedentes e importancia del estudio:

La Autoridad Portuaria de Valencia toma como prioridad la adopción de medidas ambientales en sus áreas portuarias como una estrategia de negocio, de esta manera ha participado en diferentes proyectos relacionados con la sostenibilidad ambiental. Además, los puertos que incumben a la Autoridad Portuaria de Valencia (Sagunto, Valencia y Gandía) han sido seleccionados como uno de los puntos de estudio EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), que tiene como objetivo la adopción del certificado EMAS en las áreas portuarias (Borriello, 2013). Por ello, los puertos anteriormente mencionados han formado parte de numerosos proyectos bajo la temática ambiental (Tabla 1).

Tabla 1: Principales proyectos en los que ha participado la Autoridad Portuaria de Valencia, descritos en Crespo *et al* (2005), Borriello (2013) y Autoridad Portuaria de Valencia (2021).

Proyectos Completados:	Duración:	Objetivo(s) principal(es):
EcoPort	1998-2001	1- Desarrollo de un sistema de auditoria-gestión medioambiental para áreas portuarias. 2- Desarrollo de la validación EMAS en el contexto de los puertos.
INDAPORT	2000-2003	Elaborar indicadores ambientales que puedan ser reproducidos en otros ambientes portuarios.
EcoPorts	2002-2005	Desarrollar una serie de herramientas para el EMIS (Environmental Management and Information System).
HADA	2005	Desarrollo de un sistema para la reducción de la polución acústica y del aire en áreas portuarias.
SECURMED	2004-007	Elaborar un sistema de seguridad para el monitoreo de la gestión medioambiental en áreas portuarias.
Eco-logistport	2008-2010	Implementar sistemas de gestión ambiental y sistemas de eficiencia energética.
CLIMEPORT	2009-2012	Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades portuarias.

En este sentido, anualmente se lleva a cabo en el interior del puerto un control de la calidad del agua a través del monitoreo de aspectos como la hidrología, microbiología, plancton y comunidades bentónicas. Además, un sistema de sensores evalúan la temperatura del agua, clorofila, O₂ dis, hidrocarburos, turbidez, salinidad y la dirección e intensidad de las olas (Borriello, 2013).

El presente estudio se lleva a cabo en el marco del proyecto LIVING PORTS que tiene como objetivo principal la adaptación de las infraestructuras portuarias al cambio climático mediante la demostración e implementación de soluciones sostenibles, capaces de reducir la huella de carbono utilizando materiales sostenibles para su construcción y su capacidad de promover el crecimiento de la flora y fauna marina en su superficie. La importancia del estudio es relevante en el proyecto, puesto que los organismos presentes en las comunidades bentónicas adyacentes a las estructuras artificiales serán los que las colonizarán. Además, ciertas especies son indicadoras ambientales, incluidas algunas de las especies de la familia de poliquetos Nereididae, otorgando una visión más detallada de las condiciones ambientales en las aguas del puerto comercial de Puerto de Sagunto. Por otra parte, los estudios en dicha temática son necesarios para complementar los proyectos realizados, mencionados anteriormente, para asegurar el camino hacia el desarrollo sostenible.

Respecto a la literatura científica publicada hasta la fecha, la mayoría se centra en el estudio del efecto de la contaminación fruto de las actividades marítimas sobre los organismos bentónicos, sobre todo en sustratos blandos (Solis-Weiss *et al.*, 2004; Ryu *et al.*, 2011; Chatzinikolaou *et al.*, 2018; Mosbahi *et al.*, 2019; Dreujou *et al.*, 2020; Izegaegbe *et al.*, 2020; Kasihmuddin y Cob, 2021). Respecto a sustratos duros portuarios las descripciones de las comunidades más detalladas se centran en las comunidades algales sin mencionar la macrofauna (Ballesteros, 1988; Rodríguez *et al.*, 1997; Peña y Bárbara, 2002). En cuanto a la macrofauna, la mayor parte de la literatura se centra en el estudio de las especies exóticas invasoras (Boltovskoy *et al.*, 2011; Preda *et al.*, 2012; Brzana *et al.*, 2019; Holmes y Callaway, 2020). Por otra parte, la descripción de los hábitats portuarios en sustrato rocoso se lleva a cabo por la APV en Sáez (2007) y en Templado *et al.* (2012), aunque en este último tan sólo se mencionan. Finalmente, respecto a la descripción y estructura de las comunidades bentónicas portuarias, la información es escasa (Antoniadou *et al.*, 2011; Riera *et al.*, 2013; Bonnici *et al.*, 2018), aunque existe literatura de estudios realizados en el Mar Mediterráneo en el sustrato rocoso de puertos en el Mar Egeo (Karalis *et al.*, 2003; Antoniadou *et al.*, 2011), Canarias (Riera *et al.*, 2013) y Mar Adriático (Spagnolo *et al.*, 2019). Finalmente,

cabe destacar la necesidad de diversificar el conocimiento científico acerca de los ecosistemas portuarios a través de un punto de vista de las comunidades.

2. Objetivos:

Objetivo general:

- El objetivo general de este trabajo se centra en la identificación y descripción de las comunidades bentónicas portuarias, en los sustratos rocosos de los Pisos Supralitoral, Mediolitoral e Infralitoral, a partir de las observaciones y muestras tomadas en las dos subzonas de muestreo del Dique de Levante del puerto comercial de Puerto de Sagunto, y el estudio de la taxocenosis de anélidos poliquetos de la familia Nereididae asociada.

Objetivos secundarios:

- Señalar las diferencias/similitudes que presentan las comunidades bentónicas y la taxocenosis de poliquetos nereídos asociada entre las dos subzonas de muestreo.
- Identificar la actividad marítima en el puerto comercial de Puerto de Sagunto más relevante en cuanto a impacto ambiental.

3. Material y métodos:

El estudio de los fondos rocosos del puerto comercial de Puerto de Sagunto se realiza a partir de 19 muestras tomadas a lo largo de 2 campañas de muestreo llevadas a cabo durante los meses de noviembre de 2020 y marzo de 2021. Para las dos campañas un total de 5 buceadores participan en el muestreo, divididos en dos parejas cuyo objetivo es la recolección de muestras en sustrato duro, operando cada pareja en una de las dos subzonas (Fig. 8) (espigón/muelle), mientras que otro buceador se ocupa de la fotografía y video subacuático. Se recolectan un total de 9 muestras en la campaña 1 (noviembre) y 10 muestras en la campaña 2 (marzo). Las muestras se toman de forma aleatoria en ambientes esciáfilos y fotófilos en cada zona de muestreo. La descripción de las comunidades bentónicas infralitorales se lleva a cabo a partir de 17 muestras, mientras que la descripción del Piso Supralitoral y Mediolitoral se lleva a cabo a partir de las fotografías tomadas por Sebastián Hernandis y Alejandro Suay, a excepción del horizonte inferior del Piso Mediolitoral del que se dispone de dos muestras tomadas en la campaña 1.

Asimismo, los buceadores cuentan con el apoyo de la dotación del B/O Tarro Blanco perteneciente a la Universidad Católica de Valencia (Fig. 7), que lleva a cabo, la conservación de las muestras y el registro de los parámetros oceanográficos a través de una sonda multiparamétrica AAQ171 JFE Advantech.



Figura 7: Dotación del B/O Tarro Blanco realizando los preparativos para el tamizado y conservación de las muestras. (Autor: Sebastián Hernandis)

3.1 Zona de estudio:



Figura 8: Subzonas de muestreo en el Dique de Levante del puerto comercial de Puerto de Sagunto, espigón y muelle.

La zona de estudio se sitúa en el Dique de Levante del puerto comercial de Puerto de Sagunto que a su vez se divide en dos zonas de muestreo (Fig. 8). La zona del espigón se caracteriza por sus grandes bloques que dan lugar a un entorno con una inclinación y pendiente muy variable, además la conglomeración de bloques da lugar a numerosas cuevas, se extiende hasta los 2-3 metros de profundidad. Por otra parte, la zona del muelle se caracteriza por el sustrato vertical que se extiende hasta los 10 metros de profundidad en las partes más alejadas del espigón.

3.2 Muestreo en sustrato duro:

Para la recolección de muestras en el sustrato duro infralitoral y mediolitoral se lleva a cabo un muestreo directo en inmersión con escafandra autónoma, empleando la técnica del raspado. Para ello, se asigna un rol a cada individuo de la pareja de buceadores, donde un buceador se ocupa de raspar la superficie del bentos rocoso con una picoleta, mientras que el otro buceador se ocupa de mantener abierta una bolsa de polietileno para facilitar la introducción de la muestra para su posterior transporte (Fig. 9). Una vez introducida la muestra en la bolsa, se cierra con una goma elástica y se incorpora en el equipo de buceo de los buceadores utilizando un mosquetón para evitar su pérdida. Es preciso mencionar que las bolsas se encuentran numeradas y etiquetadas para facilitar su correspondencia con los datos topográficos que se toman en cada punto de muestreo, son los siguientes; profundidad, orientación (Fig. 10A) y una estimación de la pendiente del sustrato. Los datos mencionados son anotados en lápiz en una tabla de teflón (Fig. 10B). La superficie del bentos rocoso raspada es de 25 cm².



Figura 9: Raspado del bentos rocoso infralitoral en el espigón del puerto comercial de Puerto de Sagunto, la pareja de buceadores colabora para introducir las muestras en la bolsa de polietileno. (Autor: Sebastián Hernandis)

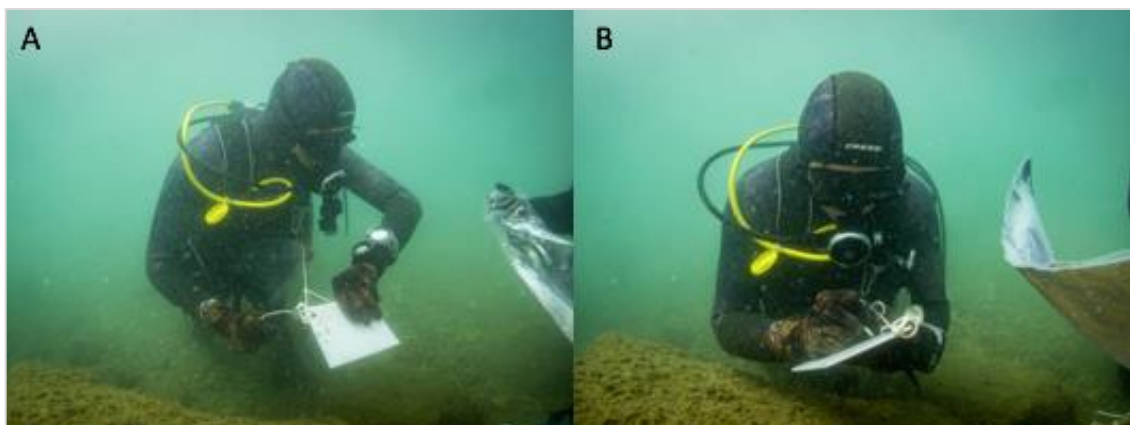


Figura 10: (A) Registro de la profundidad y orientación del bentos rocoso infralitoral en el espigón del puerto comercial de Puerto de Sagunto. (B) Anotación de los datos topográficos. (Autor: Sebastián Hernandis)

Para la selección de los puntos de muestreo se tienen en cuenta las superficies más representativas del dominio bentónico infralitoral en sustrato duro, así como los enclaves más significativos. Finalmente, son recogidas/anotadas aquellas especies de fauna y flora fácilmente identificables que se encuentran en las inmediaciones de los puntos de muestreo.

3.3 Pretratamiento y conservación del material:

Una vez a bordo del B/O Tarro Blanco las bolsas de polietileno que contienen en su interior las muestras del bentos rocoso son depositadas en cubos rellenos de agua de mar, posteriormente se emplea un tamiz de 500 μm para separar la macrofauna y se fijan las muestras con formol al 4% en agua de mar. Además, se anotan los datos topográficos correspondientes a cada muestra en un cuaderno. Transcurridas 48 horas desde la fijación de las muestras en el laboratorio, se retira el formol que es depositado en el contenedor de residuos adecuado para su posterior retirada, se lavan las muestras con agua y se depositan en botes con alcohol al 70%.

3.4 Catálogo de muestras estudiadas:

Para cada muestra se detalla: número y fecha de campaña, zona de muestreo, código de muestra, profundidad, inclinación y orientación del sustrato, comunidad bentónica a la que se adscribe y las especies de flora y fauna más representativas (Tablas 2,3,4 y 5).

Campaña 1 (13/11/2020), Zona de muestreo: Espigón

Tabla 2: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el espigón durante la campaña 1 (ordenadas de menor a mayor profundidad). RM= Roca Mediollitoral, HI= Horizonte Inferior, AF= Algas Fotófilas.

Código de muestra	Profundidad (m)	Orientación (°)	Inclinación (°)	Comunidad	Especies representativas
LP – 1.7	0	190	45	RM (HI)	<i>Ellisolandia elongata</i> (Hind y Saunders, 2013)
LP – 1.1	1	210	10	AF en medios eutrofizados.	<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Darwin, 1854) y turf algal
LP – 1.5	1,5	220	180 (techo)	Enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas.	<i>Schizoporella cf. errata</i> (Waters, 1878)
LP – 1.8	1,5	200	10	AF en medios eutrofizados.	Turf algal
LP – 1.10	1,5	210	20	Enclave (muestra poco representativa).	

Campaña 1 (13/11/2020), Zona de muestreo: Muelle

Tabla 3: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el muelle durante la campaña 1 (ordenadas de menor a mayor profundidad). RM= Roca Mediolitoral, HI= Horizonte Inferior, AF= Algas Fotófilas, AH= Algas Hemifotófilas.

Código de muestra	Profundidad (m)	Orientación (°)	Inclinación (°)	Comunidad	Especies representativas
LP – 1.2	0	280	90	RM (HI)	<i>Schizoporella cf. errata</i>
LP – 1.6	1,8	210	90	AF en medios eutrofizados	Turf algal
LP – 1.4	3	280	90	AF en medios eutrofizados	<i>Schizoporella cf. errata</i>
LP – 1.3	8,1	280	90	AH	<i>Schizoporella cf. errata</i> y <i>Eunicella cf. cavolini</i> (Koch, 1887)

Campaña 2 (12/2/2021), Zona de muestreo: Espigón

Tabla 4: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el espigón durante la campaña 2 (ordenadas de menor a mayor profundidad). AF= Algas Fotófilas

Código de muestra	Profundidad (m)	Orientación (°)	Inclinación (°)	Comunidad	Especies representativas
LP – 3.9	0,7	120	180 (techo)	Enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas	<i>Schizoporella cf. errata</i> y <i>Oculina patagonica</i> (Angelis, 1908)
LP – 3.7	0,8	210	180 (techo)	Enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas	<i>Schizoporella cf. errata</i>
LP – 3.2	1,2	150	60	AF en medios eutrofizados	<i>Amphibalanus amphitrite</i>
LP – 3.8	1,4	240	25	AF en medios eutrofizados	Turf algal
LP – 3.10	1,4	30	90	AF en medios eutrofizados	<i>Schizoporella cf. errata</i>

Campaña 2 (12/2/2021), Zona de muestreo: Muelle

Tabla 5: Listado y breve descripción de las muestras de sustrato duro tomadas en el muelle durante la campaña 2 (ordenadas de menor a mayor profundidad). AF= Algas Fotófilas, AH= Algas Hemifotófilas.

Código de muestra	Profundidad (m)	Orientación (°)	Inclinación (°)	Comunidad	Especies representativas
LP – 3.1	1,3	210	90	AF en medios eutrofizados	<i>Oculina patagonica</i> y Turf Algal
LP – 3.4	4,4	220	90	AH	<i>Oculina patagonica</i> y Turf Algal
LP – 3.3	4,6	310	90	AH	<i>Oculina patagonica</i>
LP – 3.6	8,2	330	90	AH	<i>Eunicella cf. cavolini</i>
LP – 3.5	8,3	250	90	AH	<i>Eunicella cf. cavolini</i>

3.5 Técnicas de estudio:

3.5.1 Separación y cuantificación de los grupos zoológicos y algales:

Una vez lavadas las muestras en el laboratorio se vierte el contenido del bote en una bandeja para proceder a la separación de los grupos zoológicos con la ayuda de una lupa binocular Leval Óptica con oculares WF10X/20 mm y un aumento máximo de 40X. Cada grupo zoológico es introducido en un bote de plástico independiente que es etiquetado en su parte exterior con rotulador permanente y en el interior con lápiz en papel de acetato y rellenado con alcohol al 70%. Además, las características más relevantes de la muestra son anotadas en un cuaderno para contribuir a la identificación de la comunidad bentónica a la que pertenece la muestra.

Tras la separación de los grupos zoológicos se procede a la cuantificación de todos los organismos presentes en las muestras, se anota la presencia/ausencia de cada grupo; a continuación, se separan los organismos modulares/gregarios de los organismos unitarios ya que se utilizan diferentes métodos para su cuantificación. Dada la imposibilidad de cuantificar la cobertura de los organismos modulares (briozoos, antozoos, poríferos e hidrozoos) a partir de los fragmentos recogidos en las muestras, por la introducción de un error elevado para el estudio, se elabora un criterio cualitativo con tres niveles para su estimación (Tabla 6); además, dado que los organismos gregarios (cirrípedos) se encontraban fragmentados debido a la metodología de muestreo se utiliza el mismo criterio para su cuantificación cualitativa. Respecto a los organismos unitarios, se anota la abundancia total de cada grupo zoológico (urocordados, equinodermos, nemertinos, picnogónidos, turbelarios, poliplacóforos, bivalvos, gasterópodos, crustáceos decápodos, poliquetos errantes, poliquetos sedentarios y sipuncúlidos). Resulta oportuno mencionar que algunos de estos grupos zoológicos carecen de valor taxonómico (poliquetos errantes y sedentarios, crustáceos no decápodos y decápodos), sin embargo, dichas subdivisiones permiten la obtención de datos más robustos. Además, los urocordados son introducidos en el grupo de organismos unitarios ya que los ejemplares recogidos en las muestras son individuales. En cuanto a los crustáceos no decápodos, en su mayoría pertenecientes a los ordenes isópodos y anfípodos, debido a su gran abundancia se elabora un criterio con 5 niveles para calcular de forma aproximada su abundancia (Tabla 7). A su vez los poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae se separan de la fracción de poliquetos errantes y se anota su abundancia.

Tabla 6: Criterio elaborado para la valoración cualitativa de los organismos modulares/gregarios.

Nivel:		Observación:
1	Poco abundante	La especie representa una porción de la muestra poco significativa. No es dominante.
2	Abundante	La especie representa una porción de la muestra elevada. Es dominante.
3	Muy abundante	La especie representa una porción de la muestra muy elevada. Claramente es más dominante que el resto de organismos modulares/gregarios.

Tabla 7: Criterio elaborado para el cálculo de la abundancia aproximada de crustáceos no decápodos.

Nivel de abundancia	Abundancia aproximada
Nivel 1	1-30 Muy poco abundante
Nivel 2	31- 60 Poco abundante
Nivel 3	61 - 90 Abundante
Nivel 4	91 - 120 Bastante abundante
Nivel 5	>120 Muy abundante

Una vez separados y cuantificados todos los organismos se identifican las principales especies algales, anotando las observaciones. Se anota la presencia/ausencia de los dominios Rhodophyta, Chlorophyta y Phaeophyta, las especies más características y observaciones sobre la cobertura que representan. Finalmente, la muestra es reintroducida en su bote correspondiente y conservada en alcohol al 70%.

3.5.2 Estudio de la taxocenosis de anélidos poliquetos de la familia Nereididae:

Una vez separada la fracción de poliquetos perteneciente a la familia Nereididae se procede a la identificación de los individuos hasta el máximo nivel taxonómico posible con la ayuda de las lupas binoculares Leica MZ16 y Leica 9Si, ambas con cámara fotográfica y un aumento máximo de 115X y 55X respectivamente. Generalmente, para la mayoría de nereídos es necesario realizar disecciones de estructuras específicas, en

especial los podios para observar sus rasgos característicos y en concreto el tipo y distribución de las sedas en ellos, aunque en ocasiones los cirros ventrales y dorsales suponen una característica importante para la identificación de ciertas especies. El corte del podio se realiza por su parte dorsal con la ayuda de un bisturí, posteriormente es depositado en un porta objetos y observado con un microscopio Leica DM 2500 con una ampliación máxima de 1000X.

Para la identificación específica de los ejemplares de la familia Nereididae presentes en las muestras de sustrato rocoso se han utilizado las claves e información desarrollada en las obras generales sobre fauna de Anélidos Poliquetos: Hartman (1968), Fauchald (1977), Campoy (1982), Núñez (1990), Tena (1996) y Viétez (2004). Además, se utilizan como apoyo revisiones taxonómicas de la familia Nereididae. Con la ayuda de dicho material se describen las especies identificadas y se señalan las observaciones morfológicas más distintivas de cada una a través de imágenes tomadas con la cámara fotográfica acoplada a la lupa Leica 9Si y el microscopio Leica DM 2500.

3.6 Organización y tratamiento de datos:

A partir de los datos cualitativos de cobertura de organismos modulares y la abundancia de organismos unitarios se elabora una matriz de datos en un documento Excel. Para cada muestra se anotan los datos correspondientes de orientación, inclinación, profundidad, fecha de campaña, zona de muestreo, código de muestra, luminosidad (fotófila, esciáfila), número de grupos zoológicos, abundancia total aproximada de organismos unitarios, especies representativas, cobertura algal (observación) y otras observaciones de interés para la identificación de la comunidad bentónica a la que se adscribe. Además, se añade una tabla exclusiva para los datos de abundancia de poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae, donde se desglosa la información en función de las especies identificadas.

En cuanto al tratamiento de datos, con el fin de determinar la similitud entre las comunidades bentónicas del bentos rocoso del puerto comercial de Puerto de Sagunto, se lleva a cabo un dendograma de afinidad a partir de los datos cualitativos de presencia/ausencia de organismos modulares/gregarios. Para ello, se utiliza el índice de afinidad de Jaccard ampliamente utilizado en estudios de bionomía bentónica por su sencillez y fácil interpretación (Tena, 1996: p.45). El dendograma se lleva a cabo a partir del procedimiento cluster con la técnica de agrupamiento UPGMA utilizando el programa

estadístico PAST 4 (Hammer *et al.*, 2001). Además, se realiza un análisis Two-Way con el fin de estudiar la afinidad entre los grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios. Es necesario mencionar que en el dendograma no se pudo incluir los datos obtenidos para los organismos unitarios (P/A), puesto que la imposibilidad de determinar todas las especies, y clasificar los organismos en grandes grupos zoológicos da lugar a unos datos poco robustos que dificultan la interpretación del dendograma.

4. Resultados y discusión:

4.1 Listado de las comunidades bentónicas identificadas en el puerto comercial de Puerto de Sagunto:

Tabla 8: Listado de comunidades identificadas en el puerto comercial de Puerto de Sagunto, se señala su correspondencia con las muestras. La tabla se basa en el listado de comunidades presentes en Tena (1996), Torres-Gavilá (2008) y Royo (2016). HI=Horizonte Inferior.

Piso:	Biocenosis:	Código muestra:
Mediolitoral	Roca mediolitoral (RM) (HI)	LP-1.2, 1.7
	RM con poblamiento nitrófilo	(Observación personal)
Infralitoral	Algas fotófilas (AF) en medios eutrofizados	LP-1.1, 1.4, 1.6, 1.8, 3.1, 3.2, 3.8, 3.10
	Algas Hemifotófilas	LP-1.3, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6
	Enclave circalitoral	
	- Fac. de paredes techos y cuevas	LP-1.5, 3.7, 3.9

4.2 Piso Supralitoral (Muelle):

Dado que se carece de muestras que representen al Piso Supralitoral en ambas zonas de muestreo, se lleva a cabo una descripción cualitativa en función de las imágenes tomadas por los buceadores en el muelle del puerto comercial de Puerto de Sagunto.

El Piso Supralitoral en la zona del muelle se caracteriza por tener una extensión reducida consecuencia del régimen hidrodinámico calmo en el interior del puerto y su elevada inclinación (90°), aunque periódicamente puede estar expuesto a las salpicaduras de las olas generadas por los grandes buques mercantes y remolcadores. En el Supralitoral superior se observa la gran abundancia y densidad del cirrípedo *Chthamalus stellatus* (Poli, 1791) (Fig. 11) que supone una de las especies sésiles más características del Piso Supralitoral y Mediolitoral en Europa debido a su resistencia a la desecación, además su rápido crecimiento incapacita a otros balánidos menos tolerantes a incorporarse en el sustrato por la gran densidad poblacional que pueden

llegar a desarrollar en cotas supralitorales superiores, ocupando la mayor parte del sustrato (Klaoudatos *et al.*, 2020). Merece la pena destacar que los ratios de mortalidad de las poblaciones de *C.stellatus* pueden ser un claro indicador de polución (Lozano *et al.*, 2021), lo que los hace una especie interesantes en el contexto actual de los puertos por la creciente búsqueda de indicadores biológicos. Otra de las especies características del la cota superior supralitoral es el díptero *Fucellia maritima* (Haliday, 1838) (Fig. 11).

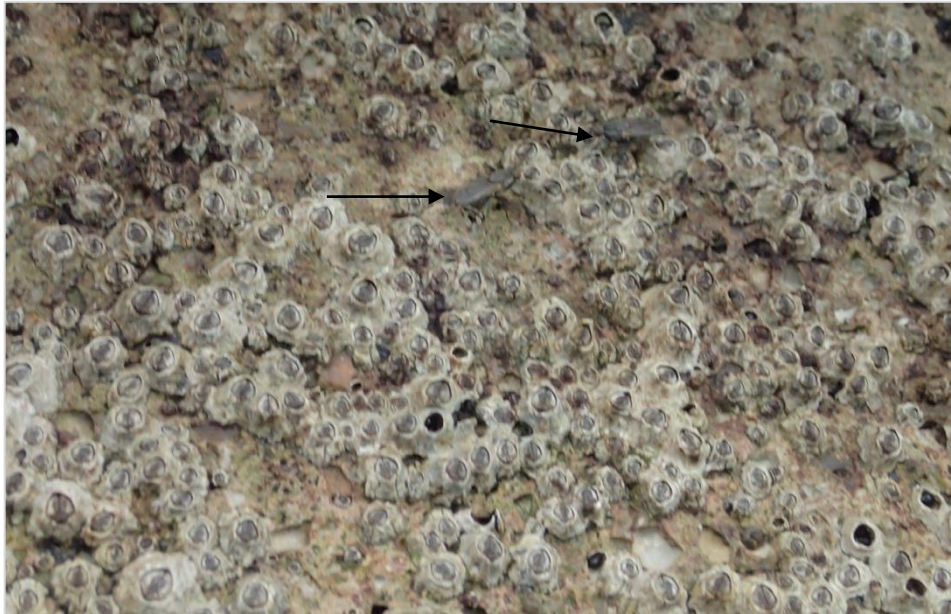


Figura 11: Elevada densidad de *Chthamalus stellatus* y presencia de dos ejemplares de *Fucellia maritima* en la cota superior del Piso Supralitoral del muelle del puerto comercial de Puerto de Sagunto.

Los litorínidos son menos abundantes en el Supralitoral superior y aumentan en abundancia en el Supralitoral inferior como consecuencia de un mayor grado de humectación, mientras que *C.stellatus* se ve reducido tanto en abundancia como en tamaño (Fig. 12). De igual forma, convendría realizar una comparación cuantitativa entre la abundancia de litorínidos en el sustrato artificial del muelle frente a sustratos naturales, puesto que en el muelle, dada la mayor homogeneidad del sustrato, el número de microhábitats se ve reducido quedando expuestos a la desecación y predación (Bonnici *et al.*, 2018). Destacan *Melarhaphe neritoides* (Linnaeus, 1758) y *Echinolittorina punctata* (Gmelin, 1791).



Figura 12: Litorínidos en las cavidades del sustrato para protegerse de la desecación y predación, se observa como la densidad de *Chthamalus stellatus* se reduce en el Supralitoral inferior.

4.3 Piso Mediolitoral (Muelle):

Se carece de muestras en el horizonte superior del piso mediolitoral en ambas zonas de muestreo, por ello se lleva a cabo una descripción cualitativa en función de las observaciones durante el muestreo para la zona del muelle. Respecto al horizonte inferior tan sólo se dispone de dos muestras (Tabla 8) tomadas durante la campaña 1, una en cada zona de muestreo (espigón/muelle), aunque el número de muestras es reducido las diferencias serán argumentadas, aun así, es preciso señalar que para describir detalladamente la comunidad de la Roca Mediolitoral es necesario aumentar el número de muestras y registrar los datos topográficos cuando estos varían en gran medida.

Al igual que el Piso Supralitoral, el Mediolitoral en la zona del muelle tiene una extensión reducida debido al régimen hidrodinámico calmo del interior del puerto y la elevada inclinación del sustrato (90°). Se observa la comunidad de la Roca Mediolitoral donde se distingue claramente entre el horizonte superior e inferior. En el horizonte superior destaca la presencia de patélidos, son abundantes por encima de los cordones mediolitorales y ausentes por debajo de ellos (Fig. 13). Destaca un cordón superior delgado de *E.elongata* con *M.galloprovincialis*, aunque en ocasiones está presente un cordón superior de poblamiento nitrófilo. Se observa un gradiente inverso entre la

cobertura de *E.elongata* y *M.galloprovincialis*, la cobertura de *E.elongata* es máxima con un cordón bien definido en el mediolitoral superior y disminuye en el límite entre el mediolitoral superior e inferior, mientras que la cobertura de *M.galloprovincialis* es reducida en el cordón de *E.elongata* y aumenta hasta ser máxima en el límite entre el mediolitoal superior e inferior. En el mediolitoral inferior se observa la presencia de *Schizoporella cf. errata* (Figs. 13 y 14), siendo una biocenosis similar a la del Piso Infralitoral. La elevada cobertura de *M.galloprovincialis*, la presencia de poblamientos nitrófilos y la baja diversidad algal son claros indicadores de que se trata de un medio altamente eutrofizado (Boisset, 1979; Fry *et al.*, 2011).



Figura 13: Piso Mediolitoral del muelle del puerto comercial de Puerto de Sagunto, se observa la tendencia opuesta entre la cobertura de *Mytilus galloprovincialis* y *Ellisolandia elongata*.

En cuanto a la fauna móvil destaca el cangrejo *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1787) que es abundante a lo largo de todo el Piso Mediolitoral (Fig. 14) y citado en la literatura científica como una de las especies típicas del sustrato duro mediolitoral expuesto a niveles altos de contaminación. Además, puede resultar un excelente indicador de polución ya que en su dieta destacan filtradores como balánidos y bivalvos (Puljas y Morton, 2019) que pueden acumular una gran cantidad de contaminantes y por ello se biomagnifican en *P.marmoratus* (Fratini *et al.*, 2008).



Figura 14: *Pachygrapsus marmoratus* en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral.

4.3.1 Diferencias en la biocenosis de organismos modulares/gregarios y cobertura algal en el horizonte inferior del piso mediolitoral entre las zonas de muestreo muelle y espigón en la campaña 1:

Tabla 9: Cobertura algal (según las observaciones de la muestra) y abundancia cualitativa de organismos modulares (según el criterio establecido) en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral durante la campaña 1. (0= Ausente, 1= Poco abundante, 2= Abundante, 3= Muy abundante).

	Zona muelle	Zona Espigón
	LP-1.2	LP-1.7
Cobertura algal	0	Elevada
Especies		<i>E.elongata</i> y <i>Jania adhaerens</i> (Lamouroux, 1816)
Briozoos	3	0
Antozoos	0	0
Cirrípedos	2	1
Poríferos	1	0
Hidrozoos	3	0

En primer lugar, es relevante la diferencia en la cobertura algal y la biocenosis de organismos modulares/gregarios entre los horizontes inferiores de ambas zonas de muestreo. Respecto a la cobertura algal, es nula en el muelle probablemente debido a las condiciones lumínicas menguantes como consecuencia de la elevada estructura que sirve de abrigo a las aguas del puerto, localizada con una orientación en dirección 280º O que junto a la presencia de una cornisa en forma de techo da lugar a un ambiente pobre en iluminación, donde tan sólo llega la radiación solar de forma directa durante la tarde cuando ya ha perdido intensidad. Además, la elevada cobertura del sustrato por parte de *M.galloprovincialis* y los organismos modulares/gregarios donde destaca *Schizoporella cf. errata* en el Piso Mediolitoral inferior del muelle (Tabla 9) puede ser otro motivo por el que las algas no sean capaces de proliferar dada la ocupación del sustrato. Por ello, en el Piso Mediolitoral de la zona del muelle tan sólo encontramos el delgado cordón de *E.elongata* en el horizonte superior, donde los talos son de reducido tamaño a pesar de que la fase de producción tiene lugar en la misma estación que la fecha del muestreo (otoño-invierno) (Ballesteros, 1988).

En el espigón se observa una elevada cobertura algal donde domina *E.elongata* sobre *J.adhaerens*, gracias a su gran potencial competitivo (Rodríguez *et al.*, 1997), por otra parte la lejanía frente a la sombra del muelle y su orientación en dirección 190° S dota a la zona del espigón de mayor incidencia lumínica que junto a la baja cobertura por parte de los organismos modulares/gregarios (Tabla 9) permite proliferar a las algas. Además, la inclinación es reducida de 45° frente al sustrato vertical del muelle. También es preciso tener en cuenta la naturaleza y composición del sustrato ya que algunos autores consideran como esenciales las variables geomorfológicas junto a la inclinación en la distribución local de las comunidades algales del Piso Mediolitoral (Ramos *et al.*, 2016). En este sentido, la zona del espigón esta compuesta por grandes piedras calizas y la heterogeneidad es notablemente mayor frente al sustrato homogéneo del muelle compuesto de hormigón. Sin embargo, para poder establecer una conclusión clara acerca del efecto de las variables anteriormente mencionadas en la cobertura algal, resulta necesario estudiar un mayor número de muestras. Aunque a primera vista, la luminosidad parece ser un factor clave en la composición y estructura de la comunidad de la Roca Mediolitoral, donde a mayor luminosidad hay dominancia vegetal frente a animal (espigón) y viceversa, en condiciones con menor luminosidad (muelle). Finalmente, los antozoos no están presentes en ambas zonas (Tabla 9) ya que la emersión periódica les resulta dañina (Kikuzawa *et al.*, 2020).

4.3.2 Diferencias en la biocenosis de organismos unitarios en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral de las zonas de muestreo muelle y espigón en la campaña 1:

Tabla 10: Número de grupos zoológicos y organismos unitarios presentes en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral durante la campaña 1.

	Zona Muelle	Zona Espigón
	LP-1.2	LP-1.7
Urocordados	1	0
Equinodermos	0	0
Nemertinos	0	0
Picnogónidos	2	3
Turbelarios	1	0
Poliplacóforos	0	0
Bivalvos	13	10
Gasterópodos	0	6
Decápodos	9	0
No Decápodos	Nivel 5	Nivel 5
Poliquetos Errantes	48	30
Poliquetos Sedentarios	11	5
Sipuncúlidos	4	0
Nº de grupos zoológicos	9	6
Abundancia total (aproximada)	209	174

Un total de 383 organismos unitarios son recolectados en ambas zonas de muestreo. En primer lugar, se observa que los grupos zoológicos más relevantes son los bivalvos, gasterópodos, crustáceos decápodos, crustáceos no decápodos, poliquetos errantes y poliquetos sedentarios. Ambas zonas presentan una abundancia similar de bivalvos y crustáceos no decápodos, siendo estos últimos los más abundantes en ambas zonas de muestreo, sin embargo, en la zona del espigón los gasterópodos son notablemente más abundantes (Tabla 10) donde destaca *Stramonita haemastoma*

(Linnaeus, 1767) probablemente debido a la menor inclinación del sustrato (45°). Por otra parte, otra de las diferencias es la mayor abundancia de crustáceos decápodos y poliquetos tanto errantes como sedentarios en la zona del muelle (Fig. 15), probablemente debido a que las estructuras creadas por *Schizoporella cf. errata* dan lugar a una mayor heterogeneidad espacial que la cobertura algal de *E.elongata* y como consecuencia hay un mayor número de grupos zoológicos y abundancia de organismos unitarios ya que hay más microhábitats disponibles con diferentes condiciones donde la fauna puede proliferar.

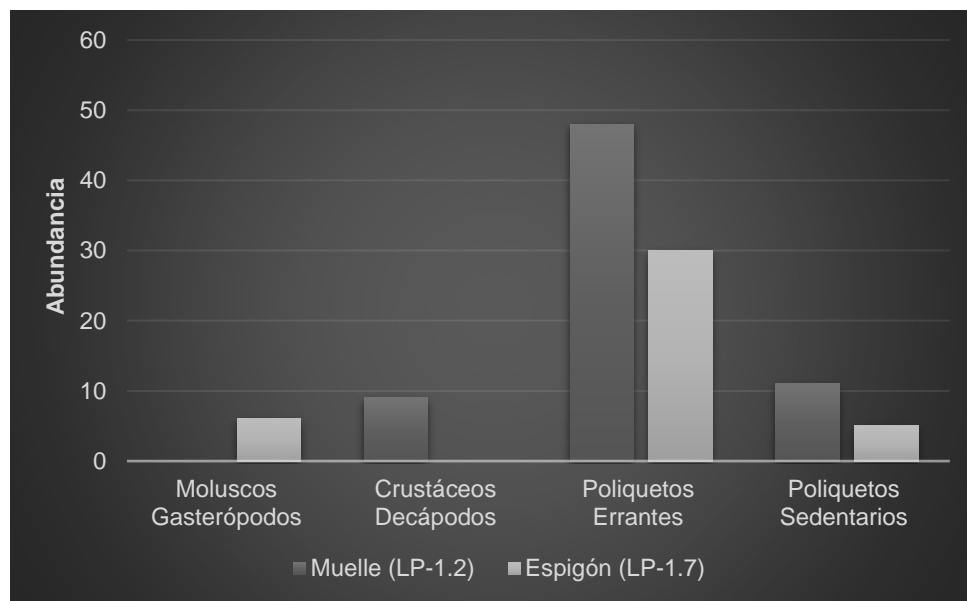


Figura 15: Diferencias representativas en la abundancia de los distintos grupos zoológicos en el horizonte inferior del Piso Mediolitoral en la zona del espigón y muelle.

Tabla 11: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en el horizonte inferior de la Comunidad de la Roca Mediolitoral.

	Zona Muelle LP-1.2	Zona Espigón LP-1.7
Total de poliquetos errantes	48	29
No Nereídos	14	5
Nereídos	34	24
Especies:		
<i>Platynereis dumerilii</i>	33	20
<i>Nereis cf. splendida</i> (Grube, 1840)	0	3

En cuanto a la taxocenosis de poliquetos, dominan los errantes sobre los sedentarios (Fig. 15) y en concreto los poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae son los más abundantes en ambas zonas (Tabla 11). En la zona del muelle se identifica una sola especie, *Platynereis dumerilii* (33), en el espigón se identifican dos especies; *P.dumerilii* (20) y *Nereis cf. splendida* (3). A pesar de que la riqueza específica de poliquetos nereídos en el espigón es mayor que en el muelle, la diversidad sigue siendo baja puesto que la distribución de la abundancia de las especies es poco equitativa. Finalmente, resulta complicado establecer si la riqueza específica de poliquetos nereídos se ve beneficiada por la presencia de cobertura algal o animal (organismos modulares/gragarios) en la comunidad de la Roca Mediolitoral con tan sólo dos muestras. Dos nereídos no han sido identificados debido a que se encontraban dañados.

4.4 Piso Infralitoral:

El Piso Infralitoral es el más extenso del dominio bentónico del puerto comercial de Puerto de Sagunto, el bentos rocoso se extiende desde el horizonte inferior del Piso Mediolitoral hasta los 10 metros de profundidad en la zona del muelle y hasta los 2 metros en la zona del espigón, ambas zonas limitan con sustrato blando principalmente compuesto por fangos, aunque en algunas zonas del espigón se encuentran gravas. La turbidez del agua es elevada en ambas zonas de muestreo, sobre todo en las cotas más profundas de la zona del muelle donde la incidencia de la luz es prácticamente nula. En el espigón, como se ha comentado anteriormente, la incidencia lumínica es mayor, aunque hay una gran cantidad de cuevas que permiten el desarrollo de biocenosis adaptadas a condiciones esciáfilas. Como consecuencia de las diferentes condiciones ambientales las biocenosis son variadas, aunque su composición se ve afectada por los impactos antrópicos de las actividades marítimas. Se identifican un total de tres comunidades distintas en el Piso Infralitoral (Tabla 8): Algas Fotófilas en medios eutrofizados, Algas Hemifotófilas y Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas. Resulta oportuno mencionar que se carece de datos de cobertura algal para ambas zonas de muestreo, por ello se lleva a cabo una descripción cualitativa de la cobertura algal en función de las observaciones, fotografías y anotaciones tomadas en el campo y durante el proceso de triaje de las muestras.

4.4.1 Descripción de las comunidades bentónicas del Piso Infralitoral en la zona del espigón:

1.Comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados:

En primer lugar, la cobertura de macroalgas en ambas campañas es nula, se caracteriza por presentar un turf algal con escasos centímetros de altura, dotando al ambiente de un aspecto homogéneo; si bien es cierto, a partir de dos fotografías tomadas en el mismo sitio en ambas campañas se puede observar que en la campaña 1 (noviembre) el turf algal se encuentra un poco más desarrollado y presenta unos centímetros más de espesor en comparación con el turf algal de la campaña 2 (Figs. 16 y 17). Además, se observa el potencial del turf algal para retener grandes cantidades de sedimento en relación con su reducido grosor (Pratsep *et al.*, 2003; Connell *et al.*, 2014), llegando a enterrar parcialmente los pilotos mostrados en la figura 17. Algunos autores consideran a este factor como un componente fundamental de su presencia, sin embargo, este fenómeno es capaz de alterar la estructura, distribución y dinámica de las comunidades faunísticas en el sustrato rocoso infralitoral, incluso dando lugar a especies típicas de sustrato blando (Airoldi y Virgilio, 1998; Pratsep *et al.*, 2003) e inhibe la proliferación de macroalgas ya que las esporas son incapaces de asentarse sobre el sustrato rocoso, aunque las larvas de organismos bentónicos pueden verse también afectadas (Norton y Fetter, 1981; Airoldi, 2000; Pratsep *et al.*, 2003; Perkol y Airoldi, 2010; Kikuzawa *et al.*, 2020). Como consecuencia la cobertura de macroalgas en la zona del espigón es prácticamente nula para ambas campañas.



Figura 17: Imagen tomada durante la campaña 1 (noviembre), donde se observa el turf algal sobre el sustrato rocoso infralitoral en la zona del espigón. Se muestran los pilotos del proyecto LIVING PORTS. (Autor: Sebastián Hernandis)

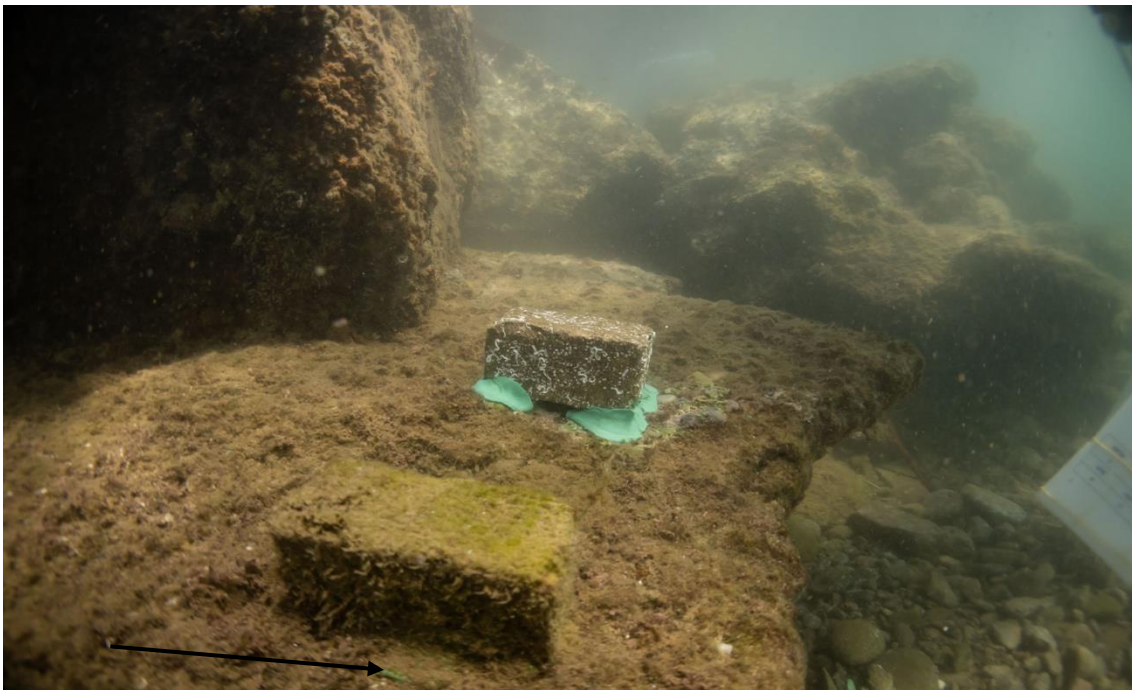


Figura 16: Imagen tomada durante la campaña 2 (marzo), donde se observa el turf algal sobre el sustrato rocoso infralitoral en la zona del espigón. Se muestran los pilotos del proyecto LIVING PORTS, parcialmente enterrados por la retención de los sedimentos por parte del turf algal. (Autor: Sebastián Hernandis)

La ausencia de cobertura de macroalgas puede deberse a la eutrofización de las aguas ya que según autores como Worm y Lotze (2006) y Perkol y Airolti (2010) es una de las mayores causas de pérdida de cobertura algal, dejando vía libre para la proliferación del turf e inhibiendo el reclutamiento de las macroalgas a lo largo del dominio bentónico.

Tabla 12: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del espigón. 0=Ausencia, 1=Poco abundante, 2= Abundante, 3= Muy abundante.

	Inclinación(°)	Briozoos	Antozoos	Cirrípedos	Poríferos	Hidrozoos
Campaña 1 (Espigón)						
LP-1.1 (1 m)	10	0	0	3	0	0
LP-1.8 (1,5 m)	10	0	0	1	0	0
Campaña 2 (Espigón)						
LP-3.2 (1,3 m)	60	0	0	2	1	3
LP-3.8 (1,4 m)	25	0	0	1	0	0
LP-3.10 (1,4 m)	90	3	0	1	0	1

En cuanto a la cobertura de organismos modulares/gregarios de la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados, es igualmente reducida. Los cirrípedos suponen el único grupo presente en todas las muestras, probablemente debido a que se encuentran limitados a aguas someras y ninguna de las muestras supera los 1,5 metros de profundidad, destaca la muestra LP-1.1 ya que los cirrípedos son el grupo más abundante y el resto de grupos están ausentes (Tabla 12). Por otra parte los antozoos y los poríferos suponen los grupos menos representados, se encuentran ausentes a excepción de la muestra LP-3.2 que tiene el mayor número de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios (junto a LP-3.10) y una inclinación elevada de 60° (Tabla 12). Respecto a los briozoos, representados por *Schizoporella cf. errata*, se encuentran ausentes en todas las muestras a excepción de la muestra LP-3.10 donde su cobertura es muy abundante (Tabla 12), la inclinación elevada de 90° parece tener una gran importancia al igual que en la muestra LP-3.2, ya que la mayor inclinación podría suponer una menor cantidad de sedimento que queda retenido en el turf algal y podría dejar vía libre para que las larvas de los organismos bentónicos se asienten, concordando con los resultados de Kikuzawa *et al* (2020) que lleva a cabo la misma observación en una comparación entre la biota presente en un espigón y un muelle. Además, como se comentará más adelante en la descripción de la comunidad

de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle, los briozoos son de los grupos más abundantes en esa zona de muestreo donde también la inclinación del sustrato es de 90°. En este sentido, la mayor inclinación del sustrato favorece la presencia de organismos modulares/gregarios.

Tabla 13: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en el espigón.

	Campaña 1		Campaña 2		
	LP-1.1	LP-1.8	LP-3.2	LP-3.8	LP-3.10
Urocordados	0	0	2	0	2
Equinodermos	0	0	1	1	10
Nemertinos	0	0	1	0	0
Picnogónidos	1	1	0	0	3
Turbelarios	0	0	1	0	0
Poliplacóforos	0	0	1	1	2
Bivalvos	8	5	13	64	22
Gasterópodos	2	18	0	7	6
Crustáceos Decápodos	0	0	16	2	10
Crustáceos no Decápodos	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 2
Poliquetos Errantes	12	23	14	34	20
Poliquetos Sedentarios	1	3	15	1	10
Sipuncúlidos	0	1	11	2	2
Abundancia total (aproximada)	57	63	105	129	118
Nº de grupos zoológicos	6	7	11	9	11

Un total de 472 organismos unitarios han sido cuantificados en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del espigón, apoyando la explicación anterior las muestras con mayor inclinación del sustrato y presencia de organismos modulares/gregarios (Tabla 12) son las que presentan un mayor número de grupos zoológicos de organismos unitarios (Tabla 13), probablemente debido a la mayor heterogeneidad espacial generada por los organismos modulares/gregarios. Destacan las muestras LP-3.2 y LP-3.10 por presentar un total de 11 grupos zoológicos, concordando con las inclinaciones del sustrato más elevadas, 60 y 90 respectivamente, por otra parte en la muestra LP-3.8 hay una mayor abundancia de organismos, dado el elevado valor de los moluscos bivalvos, pero un menor número de grupos zoológico (9), la inclinación es menos acusada que en las muestras anteriormente mencionadas (25°) (Tabla 13).

Las muestras pertenecientes a la campaña 1 (Tabla 13), ambas con la menor inclinación del sustrato (10°) albergan el número de grupos zoológicos y abundancia total de organismos unitarios más baja (Tabla 13) debido a la menor heterogeneidad espacial. Además, conviene tener en cuenta la variación estacional del turf algal observada, ya que un menor grosor del turf algal (campaña 2, marzo) da lugar a una menor retención de sedimento lo que podría favorecer la proliferación de la fauna.

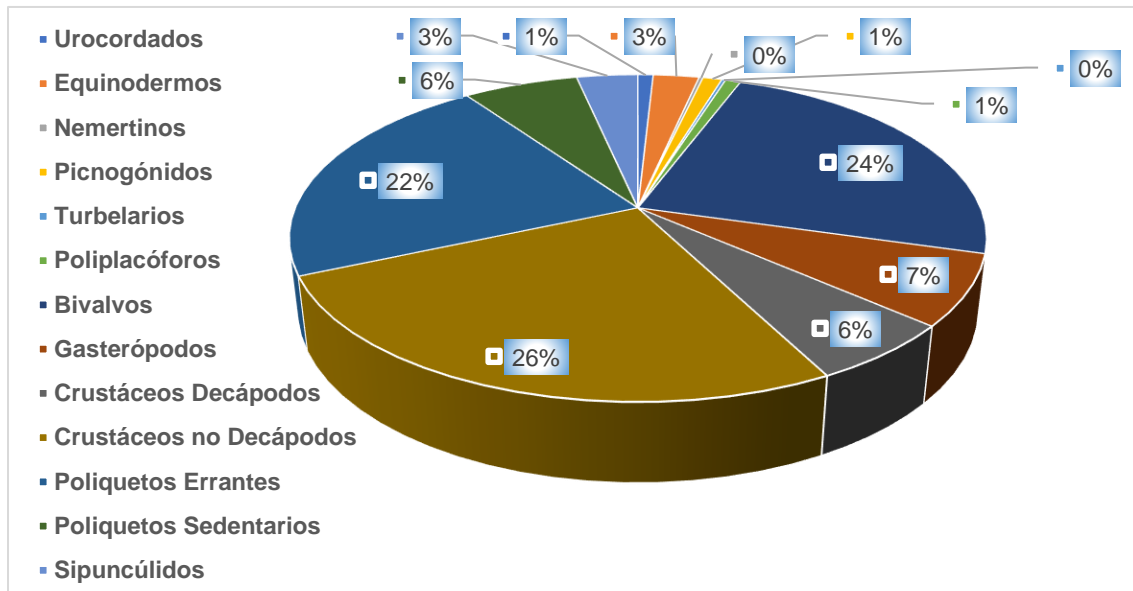


Figura 18: Composición de organismos unitarios de la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del espigón.

Los grupos zoológicos más representativos son los crustáceos no decápodos que suponen un 26% del total de la fauna, seguidos de los moluscos bivalvos (24%) y los poliquetos errantes (22%) (Fig. 18). Sin embargo, es preciso mencionar que aun siendo los crustáceos no decápodos los más abundantes, se adscriben a niveles a niveles bajos (Tabla 10).

Tabla 14: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados.

	Campaña 1		Campaña 2		
	LP-1.1	LP-1.8	LP-3.2	LP-3.8	LP-3.10
Total de poliquetos errantes	12	23	14	34	20
No Nereídos	6	3	6	4	5
Nereídos	6	20	8	30	15
Especies:					
<i>Platynereis dumerilii</i>	6	18	3	22	12
<i>Nereis cf. splendida</i>	0	2	0	0	0
<i>Neanthes agulhana</i> (Day, 1963)	0	0	5	8	3

Los poliquetos errantes son uno de los grupos más abundantes de la comunidad de las Algas Fotófilas en la zona del espigón con un total de 103 individuos, los poliquetos de la familia Nereididae son dominantes con 79 individuos. En la campaña 1 se identifican dos especies; *Nereis cf. splendida* y *P.dumerilii* siendo esta ultima la especie dominante (Tabla 14). Al igual, en la campaña 2 se identifican otras dos especies; *N.agulhana* y *P.dumerilii* que es dominante en todas las muestras a excepción de LP-3.2 donde domina *N.agulhana* (Tabla 14). En este caso no parece haber un patrón bien señalado en la distribución de los poliquetos nereídos a excepción de que la presencia de *N.agulhana* ha sido hallada tan sólo en la segunda campaña a lo largo de todo el estudio y que las muestras con la mayor abundancia de nereídos (LP-1.8 y LP-3.8) se corresponden con la ausencia de todos los grupos de organismos modulares y con una baja abundancia de cirrípedos (Tabla 12).

2. Enclave circalitoral de facies de paredes techos y cuevas:

Los enclaves suponen un elemento diversificador de las biocenosis presentes en la zona del espigón, se caracterizan por su cobertura algal inexistente consecuencia de un ambiente esciáfilo en plena oscuridad, aunque es preciso mencionar que en algunos enclaves están presentes algas calcáreas incrustantes, sin embargo, se encuentran ausentes entre el material recolectado. En este sentido, el turf algal se encuentra ausente o muy reducido en el límite del enclave, además dado que las muestras son tomadas en el techo de las cuevas, no hay sedimentación en el sustrato.

Tabla 15: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón. 0=Ausencia, 1=Poco abundante, 2= Abundante, 3= Muy abundante.

	Briozoos	Antozoos	Cirrípedos	Poríferos	Hidrozoos
Campaña 1 (Espigón)					
LP-1.5 (1,5 m)	3	0	2	0	2
Campaña 2 (Espigón)					
LP-3.9 (0,7 m)	3	3	1	1	2
LP-3.7 (0,8 m)	2	0	2	1	2

Las condiciones favorecen la proliferación de los organismos modulares/gregarios, sobre todo a los briozoos e hidrozoos (Tabla 15), *Schizoporella cf. errata* es la especie dominante. Destaca la muestra LP-1.5 ya que todo su volumen corresponde a *Schizoporella cf. errata* y supone la muestra con menor número de grupos zoológicos de organismos modulares (Tabla 15). *Schizoporella cf. errata* es una de las especies más representativas de los ambientes portuarios, ya que tiene como preferencia las aguas someras, calmas y con un contenido de materia orgánica alto (Cocito *et al.*, 2000). Algunos autores la consideran como una especie invasora dado que no se encuentra en el registro fósil y la posibilidad de su introducción en el Mar Mediterráneo a partir del fouling en los cascos de los buques mercantes es real (Tompsett *et al.*, 2009). En estos ambientes es capaz de crecer rápidamente, hasta 16 centímetros al año alcanzando una cobertura muy elevada y llegando a cubrir y enterrar por completo a organismos que se encuentran en las cercanías (Cocito *et al.*, 2000; Micael *et al.*, 2014; Sokolover *et al.*, 2018), por ello la muestra LP-1.5 presenta un menor número de grupos zoológicos de organismos modulares, estando ausentes los antozoos y los poríferos (Tabla 15) ya que *Schizoporella cf. errata* es capaz de cubrir el sustrato por completo e incluso

contiene metabolitos secundarios capaces de producir mortandad larvaria y dañar tejidos reproductivos de otras especies (Weerasinghe *et al.*, 1998).

Tal y como menciona Cocito *et al* (2000), a pesar del gran potencial competidor de *Schizoporella cf. errata*, cuando otros organismos modulares incrustantes como los antozoos, en este caso *Oculina patagonica*, crecen formando densas colonias tienen el suficiente potencial para competir y resistir, ya que *Schizoporella cf. errata* no es capaz de crecer por encima de dichos ensamblajes. Esta observación concuerda con la muestra LP-3.9 donde *Schizoporella cf. errata* y *O.patagonica* son ambas muy abundantes y además presenta el número más elevado de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios (Tabla 15).

Tabla 16: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.

	LP-3.9	LP-3.7	LP-1.5
Urocordados	0	1	0
Equinodermos	0	1	1
Nemertinos	0	0	1
Picnogónidos	0	2	1
Turbelarios	0	0	0
Poliplacóforos	0	0	1
Bivalvos	3	4	6
Gasterópodos	2	0	3
Crustáceos Decápodos	2	5	1
Crustáceos no Decápodos	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1
Poliquetos Errantes	14	13	42
Poliquetos Sedentarios	4	13	14
Sipuncúlidos	0	0	0
Abundancia total (aproximada)	85	99	93
Número de grupos zoológicos	6	8	10

Schizoporella cf. errata es una de las especies ingenieras de los puertos por excelencia, sus estructuras tridimensionales aumentan la heterogeneidad del ambiente y dan lugar a una gran cantidad de microhábitats susceptibles de ser colonizados por la fauna (Cocito *et al.*, 2000; Micael *et al.*, 2014; Sokolover *et al.*, 2018). La muestra LP-1.5 que contiene casi en la totalidad de su volumen a *Schizoporella cf. errata* es la que presenta un mayor número de grupos zoológicos de organismos unitarios (10) (Tabla 16), probablemente debido a la mayor heterogeneidad del hábitat. Por otra parte, la muestra LP-3.7 obtiene el valor más alto de abundancia de organismos unitarios que se

distribuyen en 8 grupos zoológicos distintos, donde *Schizoporella cf. errata* es abundante (Tabla 15). La muestra LP-3.9 obtiene los valores de abundancia de organismos unitarios más bajos, distribuidos en tan sólo 6 grupos zoológicos y supone la única muestra con presencia de antozoos (*O.patagonica*), donde además son muy abundantes (Tabla 15).

Se cuantifican un total de 277 organismos unitarios en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas. Los crustáceos no decápodos son los más abundantes suponiendo el 52% del total de organismos (Fig. 19), aunque se adscriben a niveles bajos (Nivel 2 y 1) (Tabla 16), al igual que en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados (Tabla 13). En este sentido los poliquetos errantes son el siguiente grupo más abundante suponiendo el 25% del total de organismos presentes en la comunidad (Fig. 19). Además, son numerosos los organismos típicos de ambientes esciáfilos como las ofiuras, sin embargo, no son recolectados en el estudio (Fig. 20).

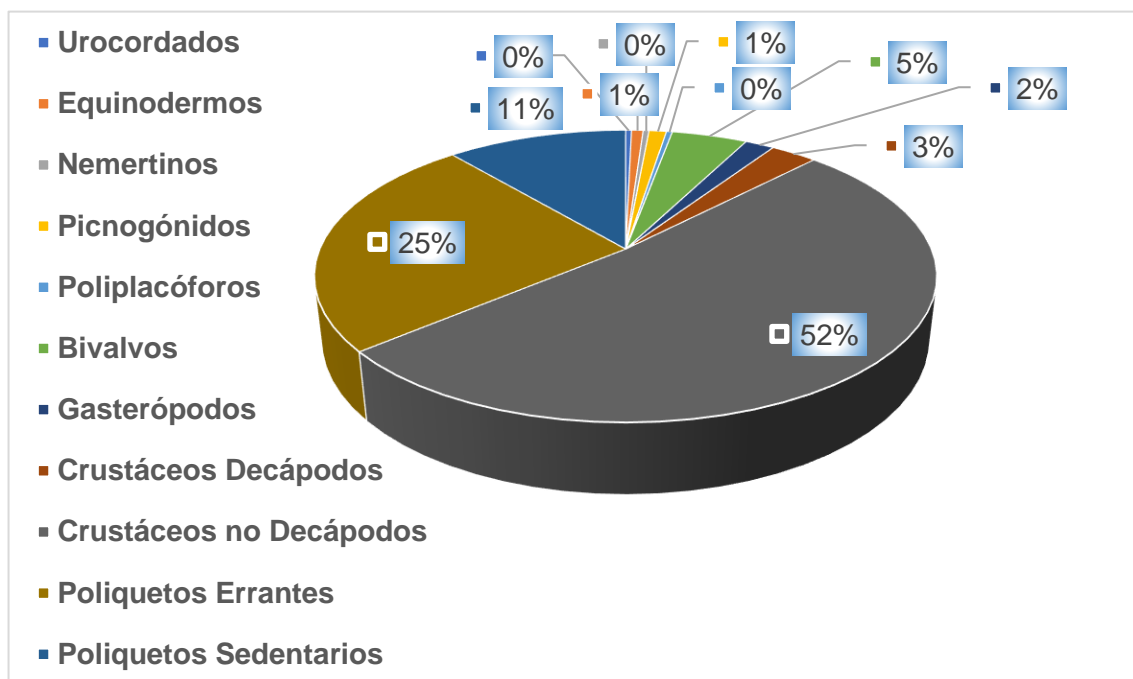


Figura 19: Composición de organismos unitarios en los Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.



Figura 20: Presencia de ofiuras en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas.

Tabla 17: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón.

	Campaña 1	Campaña 2	
	LP-1.5	LP-3.9	LP-3.7
Total de poliquetos errantes	42	14	8
No Nereídos	7	1	1
Nereídos	35	13	7
Especies:			
<i>Platynereis dumerilii</i>	35	10	6
<i>Nereis cf. splendida</i>	0	1	0
<i>Neanthes agulhana</i>	0	2	0

Los poliquetos errantes son más abundantes en la muestra con una mayor cobertura de *Schizoporella cf. errata* con 42 individuos (Tabla 17), aunque en todas las muestras dominan los poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae. En las muestra LP-1.5 y LP-3.7 tan sólo se identifica una especie (*P.dumerilii*), aunque en la muestra LP-3.7 no se pudo identificar a un ejemplar puesto que se encontraba dañado. En ambos casos la abundancia de *P.dumerilii* es elevada en comparación con el total de poliquetos

errantes (Tabla 17). Por otra parte, la muestra LP-3.9 obtiene el valor de riqueza específica más alto con un total de tres especies identificadas y corresponde con la muestra con un mayor número de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios, domina *P.dumerilii* sobre *N.agulhana* y *Nereis cf. splendida*, aun así la distribución del valor de abundancia es poco equitativa (Tabla 17), por ello la diversidad sigue siendo baja.

4.4.2 Descripción de las comunidades bentónicas del Piso Infralitoral en la zona del muelle:

1.Comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados:

La comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle se extiende desde el horizonte inferior de la Comunidad de la Roca Mediolitoral hasta los 4 metros de profundidad, se ve reducida en extensión debido a la gran turbidez de las aguas y por ello la penetración de la luz es limitada, aunque como se ha comentado anteriormente la estructura del muelle y la presencia de una cornisa en forma de techo favorecen la reducción de la iluminación en la zona de estudio. Como consecuencia la cobertura de macroalgas es prácticamente nula y domina un complejo turf algal donde destacan algas filamentosas pertenecientes al dominio Rhodophyta (Fig. 21).

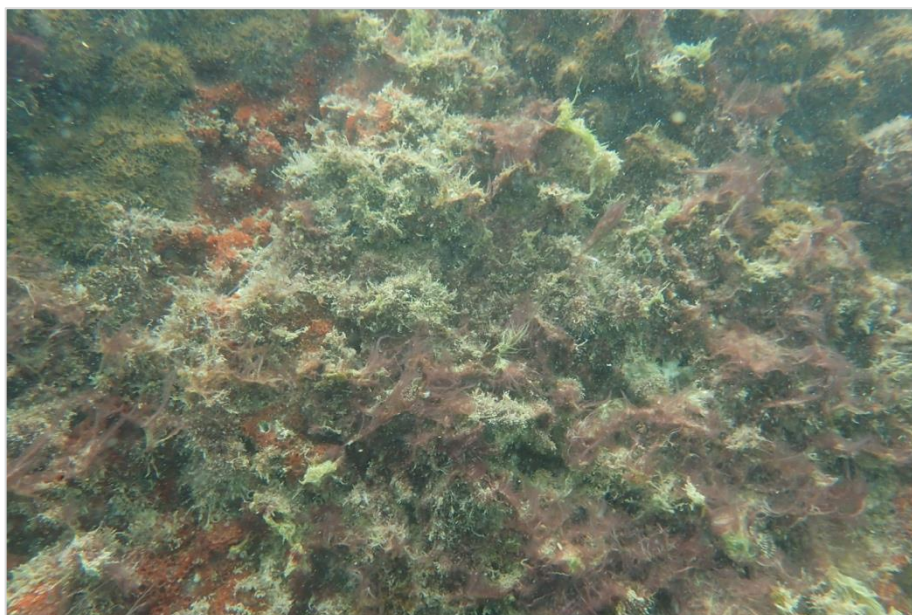


Figura 21: Turf algal presente en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.

El turf algal domina en cobertura en toda la comunidad lo que concuerda con la observación de Kikuzawa *et al* (2020) en muelles verticales, sin embargo, se alterna con la presencia de colonias de organismos modulares, aunque en algunos casos es capaz de crecer sobre ellos (Fig. 22). Aunque se carece de datos al respecto, dado que el sustrato es vertical probablemente el turf algal no es capaz de acumular tanto sedimento como en la zona del espigón.



Figura 22: Turf algal creciendo sobre una colonia de *Oculina patagonica* en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.

Tabla 18: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle. 0=Ausencia, 1=Poco abundante, 2= Abundante, 3= Muy abundante.

	Briozoos	Antozoos	Cirrípedos	Poríferos	Hidrozoos
Campaña 1 (Muelle)					
LP-1.6 (1,8 m)	1	0	1	0	3
LP-1.4 (3 m)	3	0	1	1	3
Campaña 2 (Muelle)					
LP-3.1 (1,3 m)	1	2	3	1	3

En cuanto a los organismos modulares/gregarios, destaca la gran abundancia de hidrozoos (Tabla 18), ya que son un componente principal de las comunidades de turf algal (Palmer y Aseltine, 1994) (Fig. 23). Aunque otros autores mencionan que los hidrozoos también son abundantes sobre las colonias de briozoos, concretamente sobre *Schizoporella errata* (Sokolover *et al.*, 2018), que se encuentra presente en todas las muestras (Tabla 18). En este sentido las colonias de organismos modulares se encuentran dispersas y se alterna la cobertura del turf algal con la presencia de colonias del briozoo *Schizoporella cf. errata* y el coral *O. patagonica*. Destaca la muestra LP-1.4 que supone un rosetón erecto de *Schizoporella cf. errata* (Fig. 24); a lo largo del muelle son abundantes dichas construcciones y tal y como indican Cocito *et al* (2000) y Dias *et al* (2020) son el resultado de un ambiente con un hidrodinamismo reducido y una gran competencia por el sustrato, ya que al estar completamente ocupado *S. errata* opta por crecer de forma arborescente rompiendo la homogeneidad del medio, aunque también influyen los organismos que crecen sobre el propio briozoo, ya que acaban siendo enterrados y sirven de soporte para la estructura, en este caso el cirrípedo invasor (Sáez, 2007) *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854) ha sido observado en numerosas ocasiones dentro de las colonias de *S. errata*.

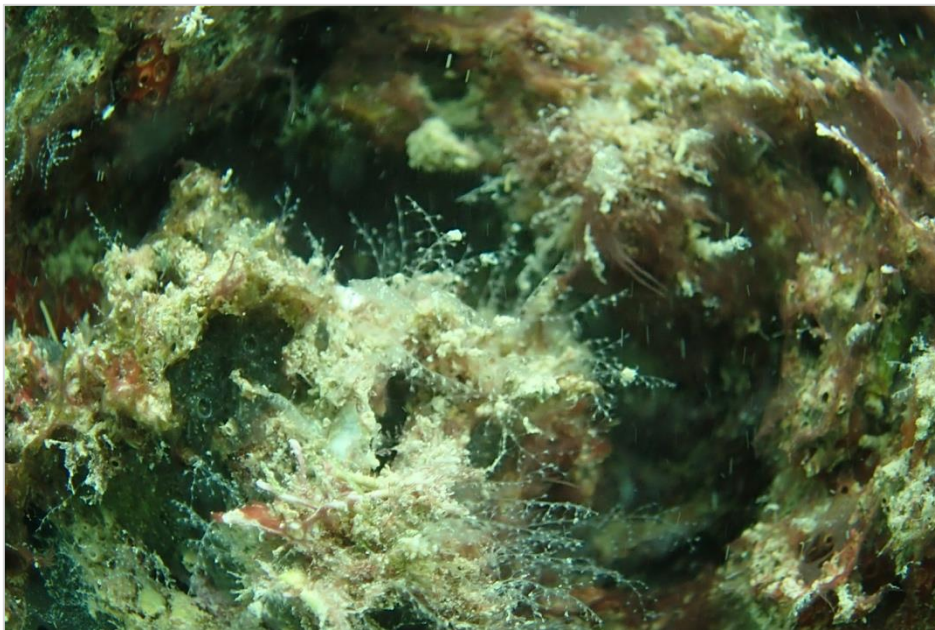


Figura 23: Hidrozoos presentes en el turf algal en la zona del muelle.

En cuanto a la fauna fácilmente identificable presente en los grandes rosetones de *Schizoporella cf. errata* destacan poliquetos sedentarios típicos de ambientes portuarios (Cocito *et al.*, 2000). En este caso el sabélido *Branchiommia luctuosum* (Grube, 1870) (Fig. 24), a pesar de que sea considerada como una especie invasora

introducida a través del transporte marítimo (Licciano *et al.*, 2007; El Haddad *et al.*, 2008), nos aporta información adicional del medio en el que nos encontramos. Se trata de una especie común en ambientes portuarios contaminados con un hidrodinamismo reducido y elevada turbidez (El Haddad *et al.*, 2008), además es un indicador de eutrofización y contaminación microbiológica de las aguas (Licciano *et al.*, 2007; Stabili *et al.*, 2014).

La muestra LP-3.1 presenta el número de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios más elevado (Tabla 18) donde destacan sobre todo los hidrozooos, el cirrípedo *A.amphitrite* y el coral *O.patagonica* (Fig. 22). Aunque en las muestras *O.patagonica* no se ve representada como una especie muy abundante, las observaciones muestran que ostenta una cobertura del sustrato significativa a lo largo de toda la comunidad. *O.patagonica* es considerada una especie invasora típica de ambientes portuarios a lo largo del Mar Mediterráneo (Fine *et al.*, 2001; Dailianis *et al.*, 2016), además se trata de una especie adaptada a ambientes con elevada turbidez pobres en luminosidad ya que es capaz de sobrevivir sin sus endosimbiontes fotosintéticos dada su elevada plasticidad fenotípica que le permite modular su fisiología, morfología y expresión genética para persistir en ambientes perturbados (Spagnolo *et al.*, 2019; Zaquin *et al.*, 2019). Anteriormente ha sido citada en la zona del espigón en enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas junto a *Schizoporella cf. errata* (Tabla 15), que supone una biocenosis similar a la presente en la zona del muelle en cuanto a composición de organismos modulares.

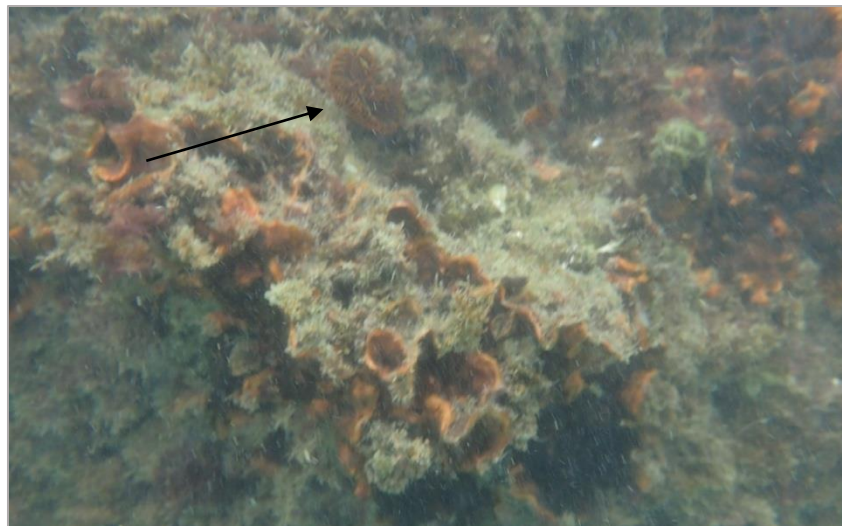


Figura 24: Bioconstrucción de *Schizoporella cf. errata* en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle, se observa un ejemplar de *Branchiomma luctuosum*.

Tabla 19: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.

	Campaña 1		Campaña 2
	LP-1.6	LP-1.4	LP-3.1
Urocordados	1	3	2
Equinodermos	0	1	2
Nemertinos	0	0	0
Picnogónidos	1	0	1
Turbelarios	0	1	0
Poliplacóforos	0	2	0
Bivalvos	5	7	26
Gasterópodos	4	2	0
Crustáceos Decápodos	0	90	10
Crustáceos no Decápodos	Nivel 1	Nivel 1 (4)	Nivel 4
Poliquetos Errantes	7	20	16
Poliquetos Sedentarios	4	20	9
Sipuncúlidos	1	2	0
Abundancia total (aproximada)	48	152	157
Nº de grupos zoológicos	8	11	8

Para la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados se ha cuantificado un total de 357 organismos unitarios, destaca la muestra LP-1.4 que supone el rosetón de *Schizoporella cf. errata* y presenta el número más elevado de grupos zoológicos de organismos unitarios (11) (Tabla 19), probablemente debido a una mayor heterogeneidad espacial que da lugar a una gran cantidad de microhábitats donde las distintas especies encuentran un espacio idóneo para proliferar, además la abundancia de crustáceos no decápodos es muy inferior al resto de las muestras analizadas en el estudio con tan sólo 4 ejemplares. Por otra parte, las muestras LP-3.1 y LP-1.6 presentan el mismo número de grupos zoológicos (8) aunque las diferencias son notables, en LP-1.6 la abundancia de organismos unitarios se ve reducida (48) en comparación con LP-3.1 (157) (Tabla 19) que corresponde con la muestra con una mayor diversidad de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios (Tabla 18).

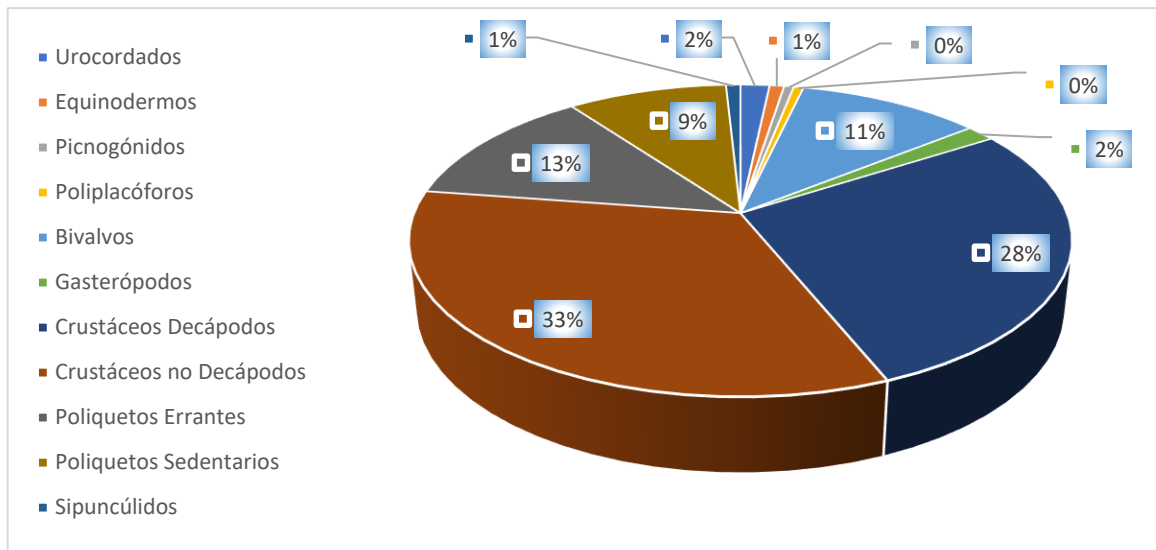


Figura 25: Composición de organismos unitarios de la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.

Los crustáceos no decápodos son el grupo zoológico más abundante suponiendo un 33% del total de organismos unitarios (Fig. 25), por otra parte los crustáceos decápodos suponen el 28% del total de organismos unitarios (Fig. 25). Otro de los grupos más representativos de la comunidad son los poliquetos errantes (13%) y los bivalvos (11%) (Fig. 25).

Tabla 20: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle.

	Campaña 1		Campaña 2
	LP-1.6	LP-1.4	LP-3.1
Total de poliquetos errantes	7	20	16
No Nereídos	2	9	5
Nereídos	5	11	11
Especies:			
<i>Platynereis dumerilii</i>	4	9	4
<i>Nereis cf. splendida</i>	1	0	0
<i>Neanthes agulhana</i>	0	0	6

Se cuantifican un total de 43 poliquetos errantes, de nuevo los poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae son los que dominan en todas las muestras (Tabla 20) con un total de 27 ejemplares. La muestra LP-1.4 representada por el rosetón de *Schizoporella cf. errata* obtiene el mayor número de grupos zoológicos de organismos unitarios (Tabla 19) y presenta el valor de abundancia de poliquetos errantes más altos, se identifica una especie de la familia Nereididae, *P.dumerilii* con un total de 9 ejemplares (Tabla 20), aunque dos ejemplares no fueron identificados puesto que se encontraban dañados. La muestra LP-3.1 corresponde con el número más elevado de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios (Tabla 18) y supone la segunda muestra con mayor abundancia de poliquetos errantes, se identifican dos especies *P.dumerilii* (4 ejemplares) y *N.agulhana* (6 ejemplares), siendo la última dominante (Tabla 20), un ejemplar no fue identificado ya que se encontraba dañado. La muestra LP-1.6 se caracteriza por la menor abundancia de organismos unitarios, obtiene el valor de abundancia de poliquetos errantes más bajo con tan sólo 7 individuos, se identifican dos especies, *P.dumerilii* que domina sobre *Nereis cf. splendida*, con 4 y 1 ejemplares respectivamente.

En cuanto a la fauna fácilmente identificable que no fue recogida en la comunidad de las AF en medios eutrofizados en la zona del muelle destacan; tunicados como *Clavelina lepadiformis* (Müller, 1776) que se asienta sobre el turf algal, el serpúlido *Serpula vermicularis* (Linnaeus, 1767), la esponja incrustante *Crambe crambe* (Schmidt, 1862), la anémona *Aiptasia mutabilis* (Gravenhorst, 1831), el poliqueto sabélido *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791) y el foronídeo *Phoronis muelleri* (Selys-Lonchamps, 1903).

2.Comunidad de las Algas Hemifotófilas:

La comunidad de las Algas Hemifotófilas se extiende desde los 4 m hasta los 8-10 m de profundidad, la zona más profunda del muelle. Las macroalgas se encuentran ausentes en toda la comunidad y domina un turf algal que dota a la comunidad de un aspecto homogéneo. En función de la cobertura del turf algal se distinguen dos zonas en la comunidad; la cota batimétrica superior que se caracteriza por presentar un turf algal dominado por algas filamentosas pertenecientes al dominio Rhodophyta, que se extienden aproximadamente desde los 4 m hasta los 6 m de profundidad cubriendo casi la totalidad del sustrato (Fig. 26A), además la cobertura es mucho más acusada que en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados. Por otra parte en la cota batimétrica inferior, que se extiende desde los 7 m de profundidad hasta el fondo del muelle, la cobertura de rodófitas filamentosas disminuye (Fig. 26B). En ambas cotas la incidencia de la luz es reducida debido a la elevada turbidez del agua, sobre todo en la cota batimétrica inferior donde es prácticamente nula.

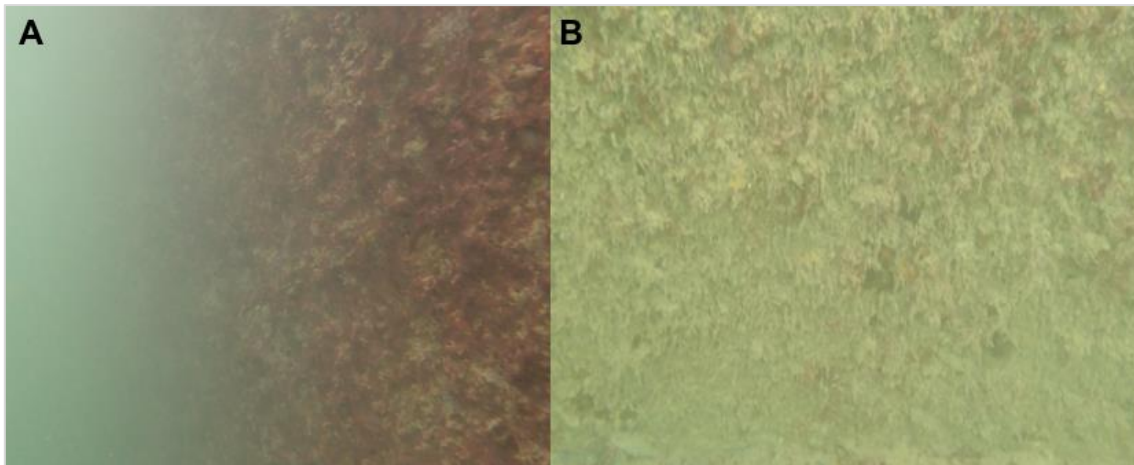


Figura 26: (A) Cobertura del turf algal compuesto por rodófitas filamentosas en la cota superior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas. (B) Turf algal en la cota inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas.

Tabla 21: Cuantificación cualitativa de los organismos modulares/gregarios pertenecientes a la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle. 0=Ausencia, 1=Poco abundante, 2= Abundante, 3= Muy abundante. (1)= *O.patagonica*, (2) *Eunicella cf. cavolini* y *Leptogorgia cf. sarmentosa* (Esper, 1789).

	Briozoos	Antozoos	Cirrípedos	Poríferos	Hidrozoos
Campaña 1 (Muelle)					
LP-1.3 (8,1 m)	1	3 (2)	1	3	0
Campaña 2 (Muelle)					
LP-3.4 (4,4 m)	1	2 (1)	1	2	1
LP-3.3 (4,6 m)	1	3 (1)	1	2	1
LP-3.6 (8,2 m)	1	3 (2)	1	2	1
LP-3.5 (8,3 m)	1	3 (2)	1	1	1

En cuanto a los organismos modulares, se observa un ensamblaje muy diferente al de la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados. En primer lugar destaca la reducción de la cobertura de briozoos en ambas cotas batimétricas de la comunidad (Tabla 21), concordando con los resultados de Cocito *et al* (2000) que observa que la cobertura de *S.errata* es reducida en una comunidad dominada por algas y se reduce hasta ser prácticamente nula a partir de los 5 m de profundidad en un muelle. En este sentido el contenido de las muestras en hidrozoos también es reducido (Tabla 21), probablemente debido a que se encuentran asociados a los briozoos (Cocito *et al.*, 2000; Sokolover *et al.*, 2018), sin embargo, anteriormente se ha mencionado que otros autores como Palmer y Aseltine (1994) mencionan que los hidrozoos son un componente fundamental de las comunidades de turf algal, por ello la elevada cobertura de rodófitas filamentosas lleva a pensar que pueden limitar los recursos alimenticios disponibles para los organismos bentónicos actuando a modo de filtro e impidiendo el paso de la materia en suspensión. A su vez el turf algal de rodófitas filamentosas podría superar la capacidad de los heterozooides de *Schizoporella cf. errata* para eliminar epifitos (Micael *et al.*, 2014) y por ello limitar los recursos disponibles para los zooides alimenticios, impidiendo proliferar a las colonias. En cambio, los poríferos suponen un grupo representativo de ambas cotas batimétricas (Tabla 21) ya que son capaces de proliferar en condiciones esciáfilas (Templado *et al.*, 2012).

Los antozoos son otro grupo representativo en la comunidad, sin embargo, hay diferencias entre ambas cotas batimétricas. La cota batimétrica superior representada por las muestras LP-3.4 y LP-3.3 a 4,4 y 4,6 m de profundidad respectivamente se caracteriza por presentar colonias de *O.patagonica* que suponen una cobertura elevada

(Tabla 21), y como se ha comentado anteriormente es capaz de adaptarse a las condiciones esciáfilas incluso puede llegar a persistir sin iluminación. Por otra parte, en la cota batimétrica inferior que incumbe a las muestras LP-1.3, LP-3.5 y LP-3.6, todas ellas aproximadamente a 8 m de profundidad, *O.patagonica* no se encuentra presente y es sustituida por dos especies de gorgonias; *Eunicella cf. cavolini* y *Leptogorgia cf. sarmentosa* (Esper, 1789), ambas muy abundantes (Tabla 21) que se localizan de forma transversal al flujo hidrodinámico (Fig. 28). Aunque, *Eunicella cf. cavolini* no parece estar limitada a los 8 m de profundidad ya que se observa la presencia de un pequeño ejemplar a los 5 m de profundidad (Fig. 27A). Además, todos los ejemplares observados se encuentran parcialmente recubiertos por el turf algal de rodófitas filamentosas, sobre todo los que se sitúan a menos profundidad en el límite entre la cota batimétrica superior e inferior, presentan un tamaño reducido (Fig. 27A), mientras que los que se sitúan a más profundidad (8 m) donde la cobertura del turf algal de rodófitas filamentosas se ve reducida, se encuentran menos recubiertos y tienen mayor tamaño (Fig. 28). La observación concuerda con los resultados de Linares *et al* (2012) que estudia el efecto del turf algal sobre *Eunicella singularis* (Esper, 1791) y llega a la conclusión de que el turf algal que crece sobre las gorgonias puede llegar a afectar de forma negativa su crecimiento o incluso afectar al reclutamiento debido a que las larvas son incapaces de asentarse en el sustrato. Además, los ejemplares de *Leptogorgia cf. sarmentosa* también se ven afectados por el turf algal (Fig. 27B).

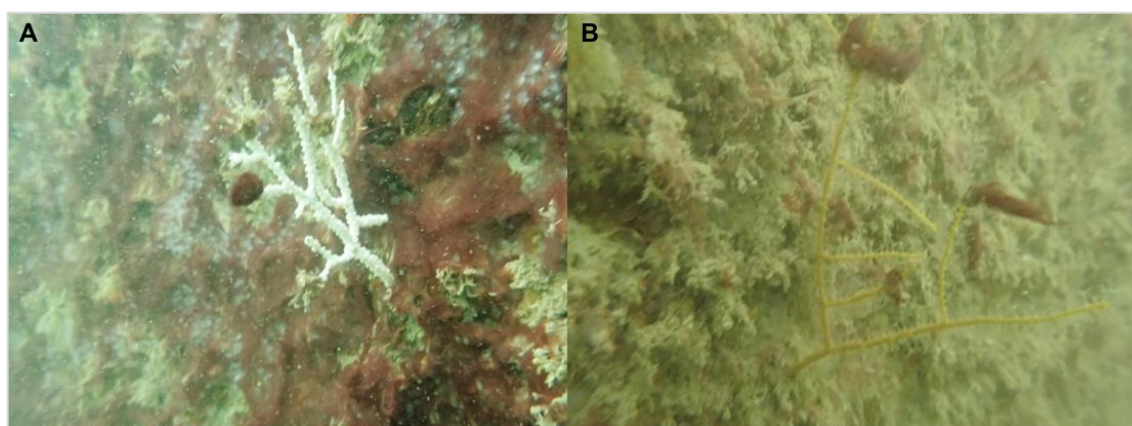


Figura 27: (A) Ejemplar de *Eunicella cf. cavolini* con tamaño reducido afectado por el turf algal en la cota superior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas, se observa además la elevada densidad del foronídeo *Phoronis muelleri*. (B) Ejemplar de *Leptogorgia cf. sarmentosa* con tamaño reducido, afectado por el turf algal en la zona de transición entre la cota superior e inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas.

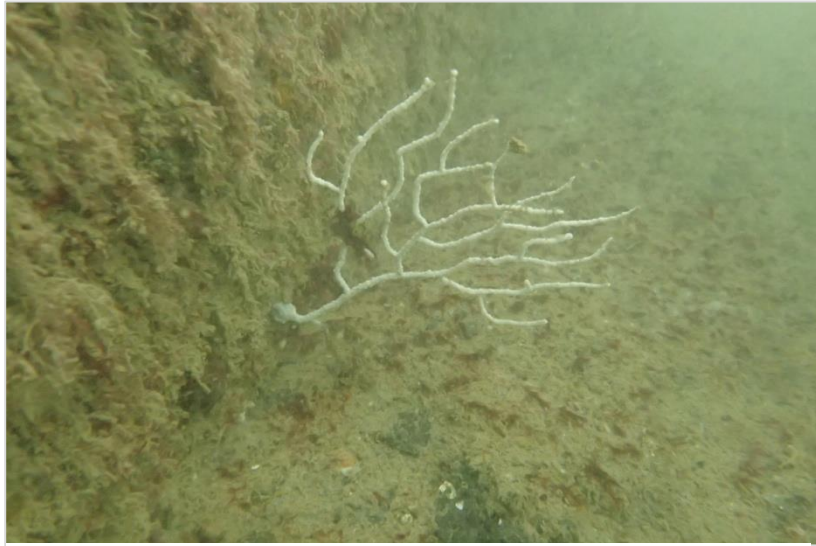


Figura 28: Ejemplar de *Eunicella cf. cavolini* en la cota inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas con mayor tamaño y con menos cobertura de turf algal. (Autor: Alejandro Suay)

Tabla 22: Abundancia aproximada de los grupos zoológicos de organismos unitarios en la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.

	Campaña 1	Campaña 2			
	LP-1.3	LP-3.4	LP-3.3	LP-3.6	LP-3.5
Urocordados	0	1	0	1	1
Equinodermos	0	0	0	0	1
Nemertinos	0	0	0	0	0
Picnogónidos	1	0	0	0	1
Turbelarios	0	2	0	0	0
Poliplacóforos	0	0	0	1	0
Bivalvos	3	4	3	10	7
Gasterópodos	1	0	1	3	2
Crustáceos Decápodos	7	8	32	8	3
Crustáceos no Decápodos	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 1
Poliquetos Errantes	18	4	4	9	9
Poliquetos Sedentarios	15	7	11	18	16
Sipuncúlidos	7	18	10	3	28
Abundancia total (aproximada)	70	75	152	56	84
Nº de grupos zoológicos	8	8	7	9	10

En cuanto a los organismos unitarios, destacan las muestras LP-3.6 y LP-3.5 correspondientes con la cota inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas por presentar el número de grupos zoológicos de organismos unitarios más elevado con 9 y 10 grupos zoológicos respectivamente, además la muestra LP-3.6 se caracteriza por el valor de abundancia de organismos unitarios más bajo (Tabla 22). Aunque la muestra LP-1.3 también correspondiente con la cota inferior de la comunidad presenta tan sólo 8 grupos zoológicos (Tabla 22). Por otro lado, en las muestras LP-3.4 y LP-3.3, correspondientes con la cota superior de la comunidad, el número de grupos zoológicos es igualmente reducido con 8 y 7 grupos en cada muestra respectivamente (Tabla 22) que se caracterizan por una elevada cobertura de *O.patagonica* (Tabla 21). El número de grupos zoológicos, reducido en presencia de *O.patagonica*, también ha sido observado en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle, donde en las muestras aparecen tan sólo 8 grupos zoológicos (Tablas 18 y 19), aunque la cobertura elevada del turf algal compuesto por rodófitas filamentosas en la cota superior de la comunidad también puede suponer un factor determinante.

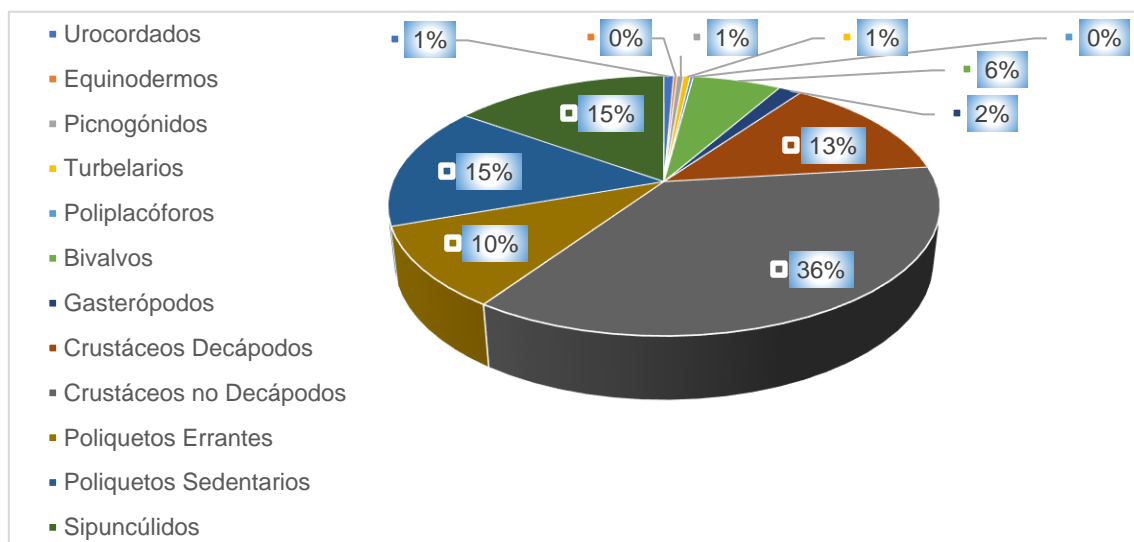


Figura 29: Composición de organismos unitarios de la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.

Para la comunidad de las Algas Hemifotófilas se cuantifican un total de 437 organismos unitarios, los crustáceos no decápodos son los más abundantes suponiendo un 36% del total de organismos (Fig. 29), aunque se adscriben a niveles bajos a excepción de la muestra LP-3.3 donde su abundancia es elevada (Tabla 22). Por otra parte los sipuncúlidos y los poliquetos sedentarios suponen un 15% del total de organismos, mientras que los poliquetos errantes son menos abundantes suponiendo

un 10% del total de organismos (Fig. 29). Los crustáceos decápodos también son un grupo representativo en la comunidad ya que el 13% de los organismos se adscriben a este grupo (Fig. 29).

Tabla 23: Abundancia de poliquetos de la familia Nereididae en la comunidad de las Algas Hemifotófilas en la zona del muelle.

	Campaña 1	Campaña 2			
	LP-1.3	LP-3.4	LP-3.3	LP-3.6	LP-3.5
Total de poliquetos errantes	18	4	4	9	9
No Nereídos	15	3	3	7	8
Nereídos	3	1	1	2	1
Especies:					
<i>Platynereis dumerilii</i>	3	1	0	0	-
<i>Neanthes agulhana</i>	0	0	1	1	-

Se cuantifican un total de 44 poliquetos errantes, en todas las muestras dominan los poliquetos no nereídos (Tabla 23) y la abundancia de poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae se ve reducida en comparación con las demás comunidades descritas hasta el momento. Para la cota batimétrica superior de la comunidad (LP-3.3 y LP-3.4) se identifican dos especies; *P.dumerilii* y *N.agulhana*, con una abundancia reducida, un ejemplar de cada especie (Tabla 23). En la cota batimétrica inferior (LP-1.3, LP-3.5 y LP-3.6) se identifican las mismas especies, 1 ejemplar de *N.agulhana* y 3 ejemplares de *P.dumerilii*. Aunque el único nereído de la muestra LP-3.5 no pudo ser identificado, al igual que un ejemplar en la muestra LP-3.6 ya que se encontraban dañados.

En cuanto a la fauna fácilmente identificable que no fue recogida, destaca la elevada densidad del foronídeo *P.muelleri*, sobre todo en la cota superior de la comunidad, ya que es capaz de superar la capa superficial del turf algal de rodófitas filamentosas para extender su lofóforo para alimentarse (Fig. 27A). *P.muelleri* tiene preferencia por ambientes ricos en materia orgánica, con una elevada cantidad de material en suspensión en sustrato blando (Emig *et al.*, 2003). Aunque Sáez (2007) también lo cita en muelles y escolleras portuarias con elevada acumulación de

sedimento fangoso. Finalmente, también se identifican dos especies de nudibranquios; *Flabellina affinis* (Gmelin, 1791) y *Felimare picta* (Philippi, 1836) (Fig. 30).



Figura 30: Ejemplar de *Felimare picta* en la comunidad de las Algas Hemifotófilas con las branquias retraídas, probablemente debido a que se sentía amenazado.

4.5 Análisis de similitud de las muestras:

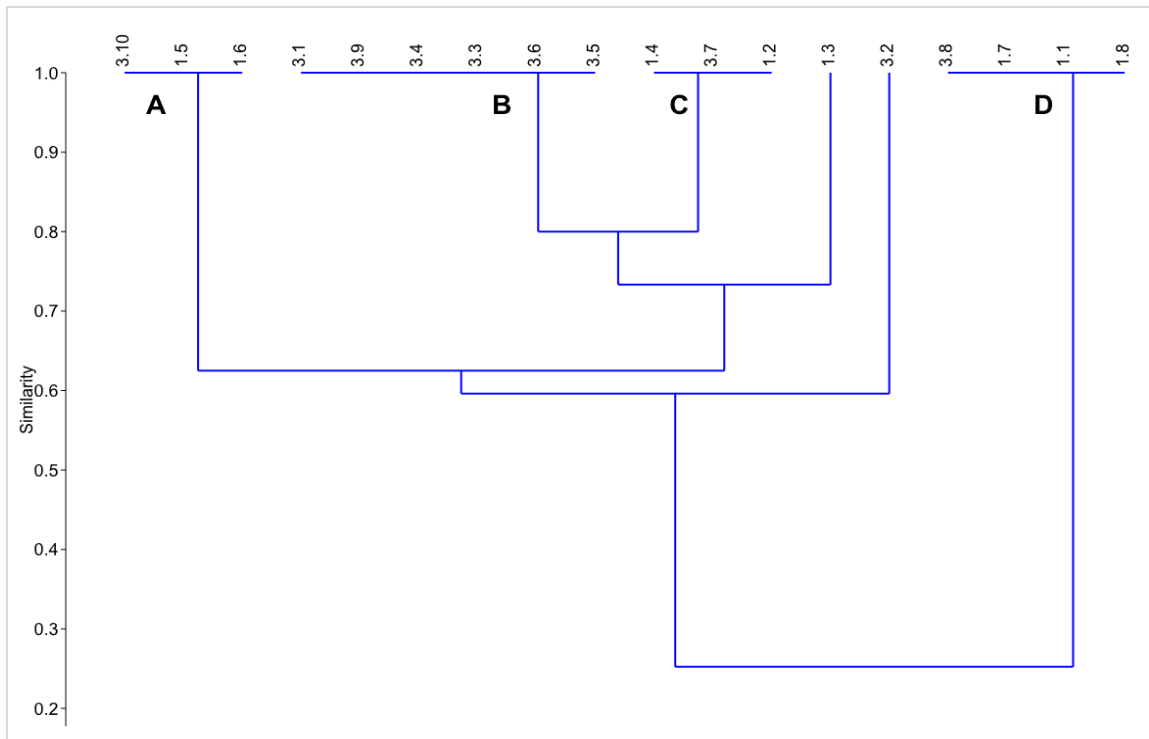


Figura 31: Dendrograma de similitud entre las muestras en función de la presencia/ausencia de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios, se emplea el índice de similitud de Jaccard a partir del procedimiento cluster con la técnica de agrupamiento UPGMA con el programa estadístico PAST 4 (Hammer *et al.*, 2001).

A partir del dendrograma de similitud se distinguen 4 grupos bien definidos (A, B, C y D), cada uno compuesto por muestras idénticas según el Índice de Similitud de Jaccard ($ISJ=1$) (Fig. 31). El grupo D se compone de 4 muestras pertenecientes a la zona del espigón en concreto las muestras 3.8, 1.1 y 1.8 que representan la comunidad de las AF en medios eutrofizados, todas ellas junto a la muestra 1.7 que representa al horizonte inferior de la comunidad de la Roca Mediolitoral. tienen un ensamblaje de organismos modulares/gregarios idéntico ($ISJ=1$). Por otra parte, la similitud del grupo D con el resto de grupos es baja ($ISJ= 0,26$).

En este sentido, los grupos A, B y C tienen una similitud elevada ($ISJ= 0,62$). El grupo A se compone de dos muestras pertenecientes al espigón que representan a la comunidad de las AF en medios eutrofizados (3.10) y un enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas (1.5) y una muestra del muelle de la comunidad de las AF en medios eutrofizados (1.6), todas ellas idénticas en cuanto a composición de organismos modulares/gregarios ($ISJ=1$), a pesar de que el grupo engloba a comunidades distintas, la muestra perteneciente a la comunidad de las AF en medios

eutrofizados es tomada sobre un sustrato con una inclinación de 90° y orientada en dirección 210° SO por ello, las condiciones lumínicas son reducidas, al igual que en el enclave y en el muelle por la presencia de la estructura portuaria y la cornisa como ha sido comentado anteriormente. El grupo B y C obtienen una similaridad más elevada ($ISJ=0,8$). El grupo B se compone de todas las muestras de la comunidad de las Algas Hemifotófilas pertenecientes a la cota batimétrica superior e inferior (a excepción de la muestra 1.3), incumbe a una muestra de la comunidad de las AF en medios eutrofizados en la zona del muelle (3.1) y a una muestra que de un enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas, todas ellas idénticas en cuanto al ensamblaje de organismos modulares/gregarios ($ISJ=1$), además se caracterizan por presentar una pendiente de 90° y una orientación similar ya que todas pertenecen a la pared del muelle, a excepción del enclave donde la muestra fue tomada en el techo de la cueva.

El grupo C se compone de tres muestras, incluyen al horizonte inferior de la comunidad de la Roca Mediolitoral en el muelle (1.2), a la comunidad de las AF en medios eutrofizados en la zona del muelle (1.4) y a un enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas del espigón (3.7), todas ellas idénticas en función de los organismos modulares/gregarios presentes ($ISJ=1$). Además, la muestra 1.3 perteneciente a la cota batimétrica inferior de la comunidad de las Algas Hemifotófilas tiene una similaridad elevada con el resto de muestras pertenecientes a la misma comunidad ($ISJ=0,74$). Por otra parte, la muestra 3.2 perteneciente a la comunidad de las AF en medios eutrofizados en la zona del espigón tomada sobre un sustrato con una inclinación de 60° tiene un valor de similaridad menor con los grupos A,B y C ($ISJ=0,59$).

A modo de resumen, a pesar de que el análisis de presencia/ausencia de grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios no es lo suficientemente preciso como para separar eficazmente las diferentes biocenosis bentónicas del puerto comercial de Puerto de Sagunto, si que nos aporta información útil para nuestro estudio. En primer lugar, las biocenosis de organismos modulares/gregarios pertenecientes al horizonte inferior de la comunidad de la Roca Mediolitoral es idéntica a la comunidad de las AF en medios eutrofizados, en cada zona respectivamente (espigón/muelle). Por otra parte, la mayoría de muestras pertenecientes a la comunidad de las AF en medios eutrofizados con una inclinación reducida en la zona del espigón son idénticas y se caracterizan por la ausencia de la mayoría de los grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios. Las muestras del muelle pertenecientes a las comunidades de las AF en medios eutrofizados y Algas Hemifotófilas son similares a los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón. Aunque resulta preciso mencionar

que es necesario identificar hasta el máximo nivel taxonómico posible en todos los grupos zoológicos para obtener un análisis más representativo.

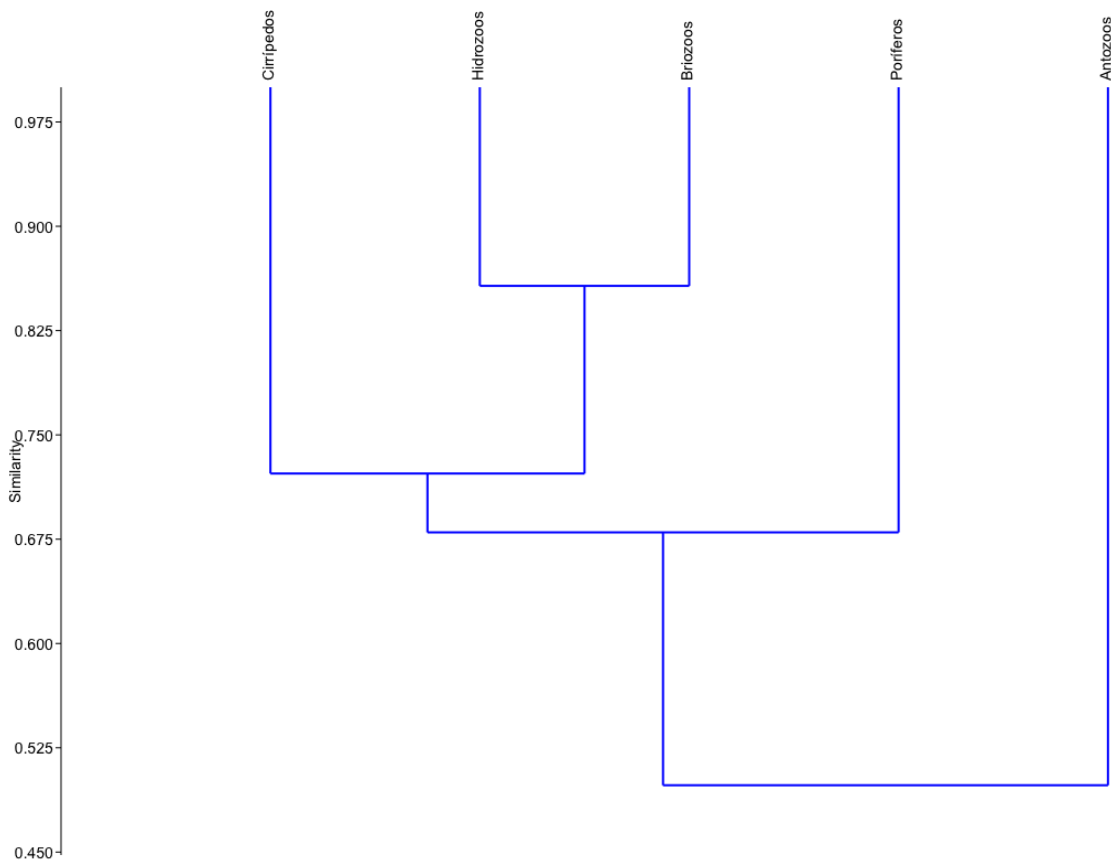


Figura 32: Dendrograma de afinidad entre grupos zoológicos de organismos modulares/gregarios realizado a partir del análisis Two-Way mediante el procedimiento cluster con la técnica de agrupamiento UPGMA con el programa estadístico PAST 4 (Hammer *et al.*, 2001).

Finalmente, tal y como se había mencionado en apartados anteriores se ratifica que la presencia de briozoos (*Schizoporella cf. errata*) se encuentra estrechamente relacionada con la presencia de hidrozoos (ISJ=0,85) y cirrípedos (ISJ=0,72) (Fig. 32), lo que concuerda con las observaciones de Cocito *et al* (2000) y Sokolover *et al* (2018). Aunque los poríferos también obtienen un valor de similitud elevado (ISJ=0,68) con los grupos anteriormente mencionados. Por otra parte, los antozoos presentan una similitud baja (ISJ=0,49).

4.6 Resumen de la distribución de anélidos poliquetos en las comunidades bentónicas del puerto comercial de Puerto de Sagunto:

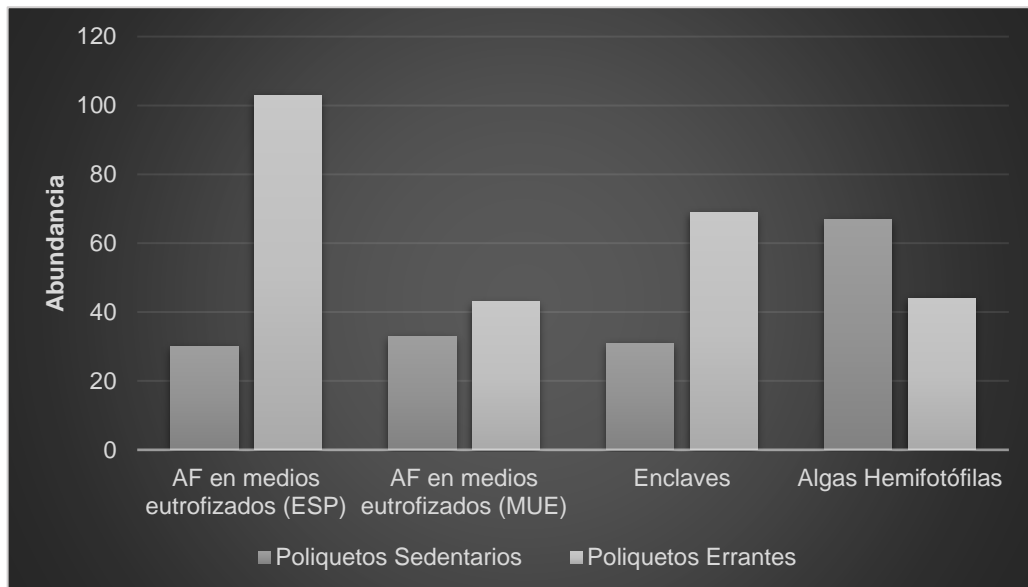


Figura 33: Distribución de la abundancia de poliquetos errantes y sedentarios en las comunidades identificadas en el dominio bentónico del puerto comercial de Puerto de Sagunto. ESP=Espigón, MUE=Muelle.

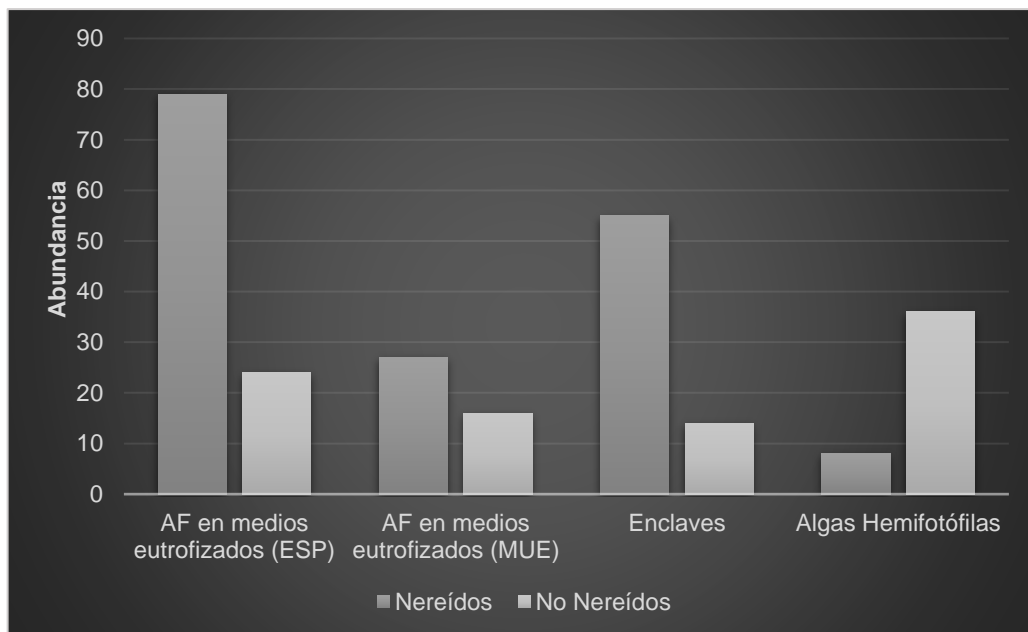


Figura 34: Distribución de la abundancia de poliquetos nereídos y no nereídos en las comunidades identificadas en el dominio bentónico del puerto comercial de Puerto de Sagunto. ESP= Espigón, MUE= Muelle.

Los poliquetos errantes son más abundantes que los poliquetos sedentarios en la gran mayoría de las comunidades identificadas en el bentos rocoso del puerto comercial de Puerto de Sagunto, sobre todo en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados y en los Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón (Fig. 33). Por otra parte, en las comunidades bentónicas en la zona del muelle, la abundancia de poliquetos errantes y sedentarios en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados es más equitativa, aunque siguen dominando los poliquetos errantes (Fig. 33). En cuanto a la comunidad de las Algas Hemifotófilas (muelle), supone la única comunidad donde los poliquetos sedentarios son más abundantes que los poliquetos errantes (Fig. 33).

Además, destaca la gran abundancia de ejemplares pertenecientes a la familia Nereididae, siguiendo un patrón similar al anteriormente descrito en la distribución de su abundancia a lo largo de las distintas comunidades bentónicas y zonas de muestreo. Los poliquetos pertenecientes a la familia Nereididae obtienen los valores de abundancia más altos en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados y en los Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas pertenecientes ambas a la zona del espigón (Fig. 34). Igualmente, en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en la zona del muelle los poliquetos nereídos son más abundantes que los no nereídos, sin embargo, la distribución de las abundancias es más equitativa (Fig. 34). En la comunidad de las Algas Hemifotófilas la abundancia de nereídos es reducida y dominan los poliquetos sedentarios (Fig. 34).

Finalmente, de las 4 especies identificadas pertenecientes a la familia Nereididae las más abundantes son *Platynereis dumerilii* con 186 ejemplares, indicando que se trata de un medio altamente eutrofizado (Tena, 1996; Torres-Gavilá, 2008; Viéitez *et al.*, 2004) y *Neanthes agulhana* con 25 ejemplares que es una especie invasora (Zenetos *et al.*, 2010).

4.7 Listado y descripción de los géneros y especies de Anélidos Poliquetos identificados:

En el siguiente apartado se señalan las características más relevantes y distintivas de cada uno de los géneros y especies de Anélidos poliquetos identificados, teniendo en cuenta las principales diferencias con las especies y/o géneros más próximos. Además, se indican las referencias, el material estudiado y se describe su biología y distribución geográfica basándose en la bibliografía disponible para cada especie.

Género *Platynereis* (Kinberg, 1865):

Siguiendo los criterios de las obras clásicas de Anélidos Poliquetos, el género *Platynereis* se caracteriza principalmente por presentar numerosos paragnatos pectinados de tamaño reducido. Además, presentan los siguiente tipos de sedas: notosedas homogonfas espiníferas, neurosedas supraaciculares homogonfas espiníferas y heterogonfas falcíferas, neurosedas infraaciculares heterogonfas.

- *Platynereis dumerilii* (Audouin y Milne-Edwards, 1833):

Platynereis dumerilii: Hartman (1968): 561; Campoy (1982): 476; Núñez (1990): 471, figs 153A-G; Viéitez *et al.*, (2004): 326, figs 118A-G.

Material estudiado: LP-1.1(6), LP-1.2 (33), LP-1.3(3), LP-1.4(9), LP-1.5(35), LP-1.6(4), LP-1.7(20), LP-1.8(18), LP-1.10(2), LP-3.1(4), LP-3.2(3), LP-3.4(1), LP-3.7(6), LP-3.8(22), LP-3.9(10), LP-3.10(12).

Total de individuos estudiados: 186

Observaciones anatómico-morfológicas:

Supone la especie más abundante de poliquetos nereídos del puerto comercial de Puerto de Sagunto, se han estudiado 186 ejemplares, en su mayoría juveniles. Se caracteriza por presentar dos antenas con una longitud similar a los palpos, el par de cirros tentaculares posterior (Fig. 35) se extienden hasta el setígero 18, aunque en muchos de los ejemplares es menos prolongado, probablemente debido a que son juveniles tal y como indica Tena (1996). Las mandíbulas presentes en la faringe eversible son curvadas (Fig. 36). Todos los paragnatos se distribuyen en barras

pectinadas a lo largo del anillo maxilar y oral. Anillo oral: área VI con dos cortas barras dobles de paragnatos transversales bien organizados (Fig. 37), área VII y VIII con cinco dobles barras de paragnatos localizadas de forma transversal (Fig. 36C), aparentemente con mayor longitud que las barras de paragnatos localizadas en el área III. Anillo maxilar: área IV con paragnatos distribuidos en múltiples filas oblicuas paralelas, generalmente las filas laterales son cortas y aumentan en longitud a medida que se acercan al centro del organismo (Fig. 36A). Área III con tres dobles filas cortas de paragnatos bien ordenados localizados en dirección transversal, las filas se encuentran separadas de forma equidistante (Fig. 36C), a veces ausentes en ejemplares jóvenes. Sin paragnatos en las áreas I y II.



Figura 35: Visión lateral de *Platynereis dumerilii*. Se observan los largos cirros tentaculares posteriores y el cirro dorsal de los podios alargado, con mayor longitud que los lóbulos notopodiales tal y como indica Viéitez *et al* (2004). Imagen tomada en la lupa Leica S9i a 20X.

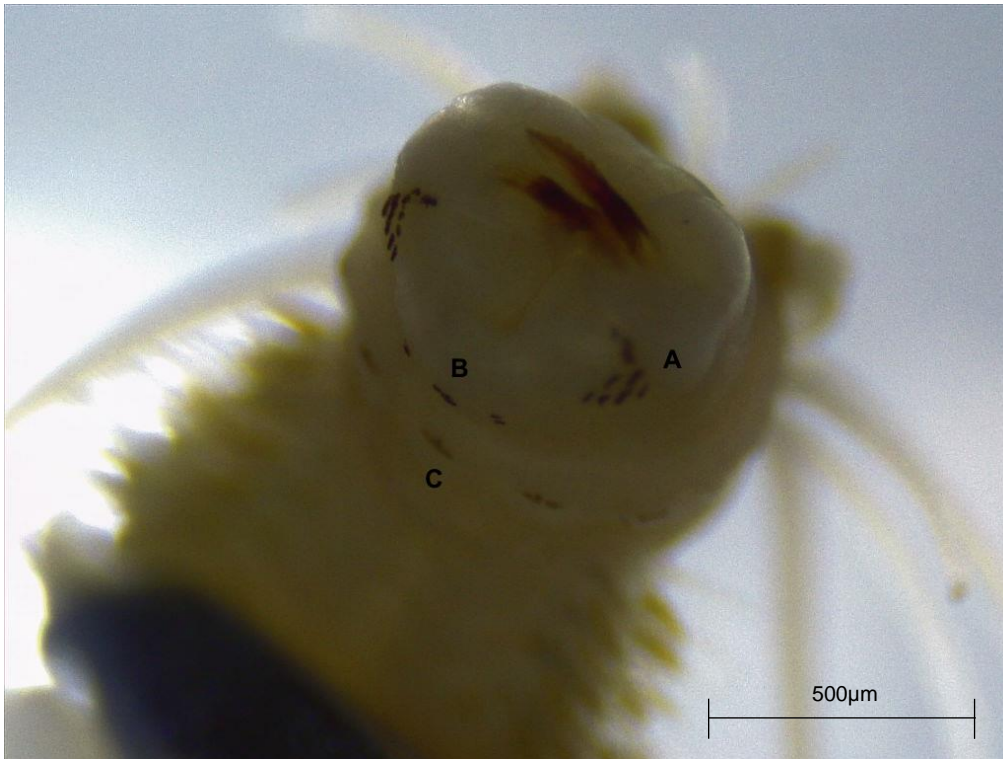


Figura 36: Distribución de los paragnatos pectinados en el anillo oral y maxilar de *Platynereis dumerilii*, visión ventral. (A) Paragnatos en el área IV, (B) Paragnatos en el área III, (C) Paragnatos en las áreas VII y VIII. Imagen tomada en la lupa Leica S9i a 55X.

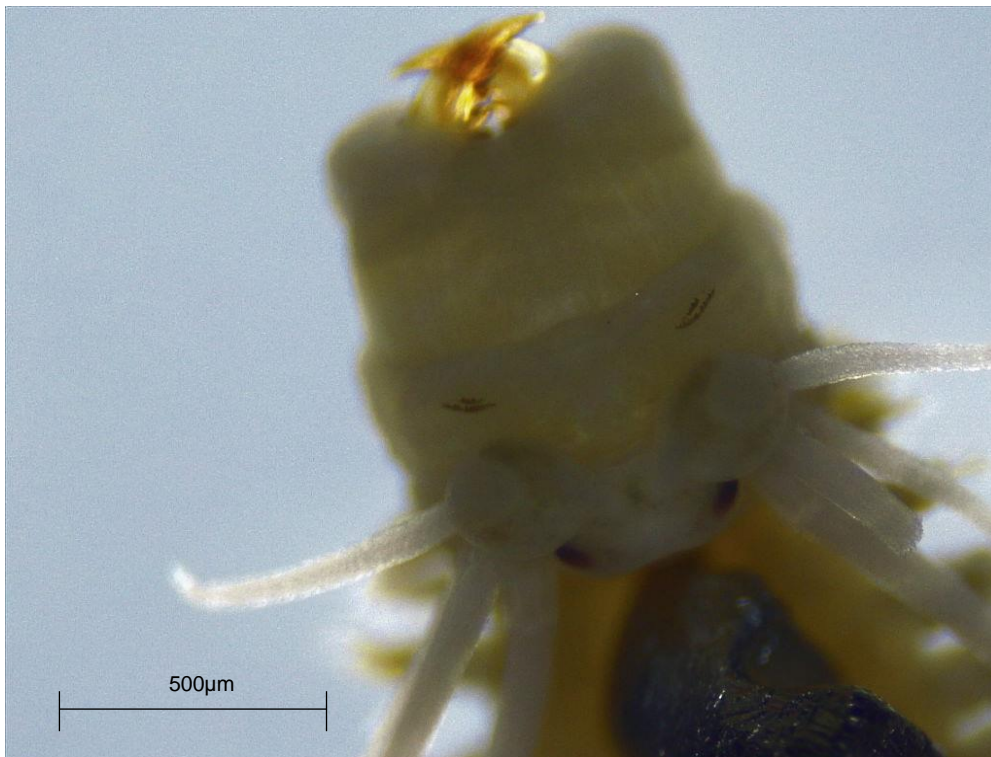


Figura 37: Paragnatos en el área VI, vista dorsal de *Platynereis dumerilii*. Imagen tomada en la lupa Leica S9i a 55X.

Respecto a los podios y distribución de las sedas, presenta un largo cirro dorsal con mayor longitud que el notopodio (Fig. 35). Las notosedas son homogonfas espiníferas, aunque en los setígeros de la parte media-posterior aparecen sedas homogonfas falcíferas en escaso número (Fig. 38A), ausentes en el notopodio. Las sedas neuropodiales son heterogonfas falcíferas (Fig. 38B) y homogonfas espiníferas. Las sedas son tendonadas al igual que *Platynereis coccinea* (Delle Chiaje, 1872) y *Platynereis nadiae* (Abbiati y Castelli, 1992), por ello es recomendable basarse principalmente en la distribución de los paragnatos para su distinción.

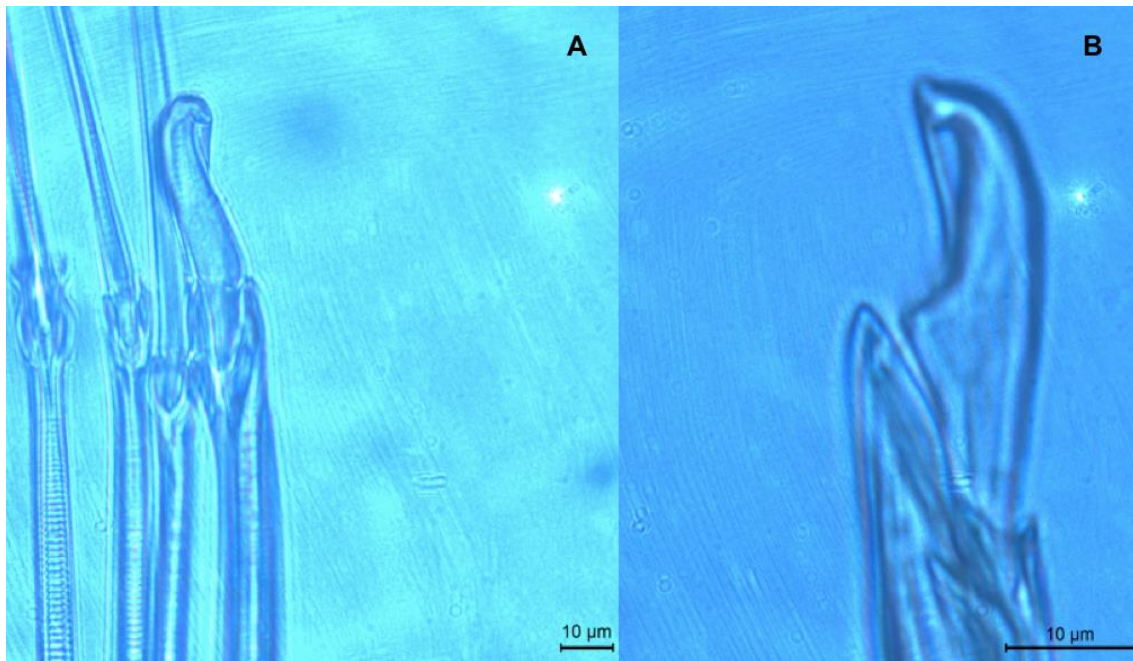


Figura 38: (A) Seda homogonfa falcígera notopodial tendonada de un setígero posterior de *Platynereis dumerilii*, 400X. (B) Seda heterogonfa falcígera neuropodial tendonada de un setígero posterior, 1000X. Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500.

Biología:

P. dumerilii, es una especie euri- por excelencia dentro de la familia Nereididae, se encuentra desde el piso supralitoral en la comunidad de los charcos litorales, lo que demuestra su capacidad eurihalina adaptada a las fuertes variaciones de salinidad (Viéitez *et al.*, 2004), hasta el piso abisal a 4850 metros de profundidad, es por ello que Hartman (1965) indica su carácter euribático. Se encuentra en un gran rango de ambientes y comunidades, por citar algunas de las más representativas, tanto en regímenes batidos como calmados, *P. dumerilii* es un componente importante de las comunidades mediolitorales como la comunidad de la roca mediolitoral (Viéitez *et al.*, 2004), infralitorales sobre todo en sustrato rocoso en la comunidad de las algas fotófilas

(Campoy, 1982; Núñez, 1990; Tena, 1996; Viéitez *et al.*, 2004; Templado *et al.*, 2012), aunque también se encuentra en sustrato blando con diferentes granulometrías (Viéitez *et al.*, 2004; Torres-Gavilá, 2008).

Además, es frecuente en praderas algales y praderas de fanerógamas marinas como *Posidonia oceanica* (Delile, 1813) (Núñez, 1990; Viéitez *et al.*, 2004). También puede encontrarse de forma adyacente a facies de *Mytilus*, como endobionte de esponjas y epibionte de crustáceos (Viéitez *et al.*, 2004). Se considera una especie común en las comunidades bentónicas portuarias ya que tolera un alto grado de contaminación (Campoy, 1982; Viéitez *et al.*, 2004; Surugiu y Feunteun, 2009), y es una especie indicadora de eutrofización (Tena, 1996; Viéitez *et al.*, 2004; Torres-Gavilá, 2008). Además, es un importante componente del biofouling (Tena, 1996; Viéitez *et al.*, 2004; Torres-Gavilá, 2008). Especie herbívora (Royo, 2016).

En nuestro estudio es la especie de poliqueto dominante del puerto comercial de Puerto de Sagunto, ha sido identificada a lo largo de las dos campañas en la Comunidad de las algas fotófilas (76 ejemplares), comunidad de las Algas Hemifotófilas (4 ejemplares), Roca Mediolitoral (53 ejemplares), Enclave circalitoral de facies de paredes, techos y cuevas (51 ejemplares).

Distribución geográfica:

P.dumerilii es una especie cosmopolita común en aguas templadas y tropicales (Pacífico, Índico, Atlántico, Mar Mediterráneo, Mar Rojo, Mar de Japón), su rango de distribución abarca desde Sudáfrica hasta Noruega. No ha sido citada en aguas polares (Campoy, 1982; Núñez, 1990; Viéitez *et al.*, 2004; Torres-Gavilá, 2008). Es de las especies más abundantes de la familia Nereididae con un gran número de registros en la Comunidad Valenciana (Viéitez *et al.*, 2004; Royo, 2016) y en Canarias (Núñez, 1990).

Género *Neanthes* (Kingberg, 1865):

La estructura de los podios, la distribución de los paragnatos en el anillo oral y maxilar y la distribución de las sedas son elementos clave a la hora de la identificación del género *Neanthes*. En el notopodio destacan a lo largo de todos los setígeros sedas homogonfas espinígeras, mientras que en el neuropodio destacan sedas homogonfas espinígeras y heterogonfas falcígeras en la región supraacicular, mientras que en la infraacicular destacan sedas falcígeras y espinígeras heterogonfas. Aunque en algunas especies las sedas infraaciculares y supraaciculares puede ser muy similares (Viéitez *et al.*, 2004).

- ***Neanthes cf. agulhana*** (Day, 1963):

Neanthes agulhana: Viéitez *et al.*, (2004): 362, figs 134A-J.

Material estudiado: LP-3.1(6), LP-3.2(5), LP-3.3(1), LP-3.6(1), LP-3.8(8), LP-3.9(2), LP-3.10(3)

Total de individuos estudiados: 25

Observaciones anatómico-morfológicas:

Supone la segunda especie de poliqueto de la familia Nereididae más abundante, después de *P.dumerilii*, se han estudiado un total de 25 ejemplares. Se caracterizan por su pequeño tamaño y la presencia de un par de manchas dorsolaterales de color oscuro en cada metámero. Presenta 2 pares de ojos bien diferenciados, los cirros tentaculares son cortos y el par posterior se extiende hasta el setígero cinco, aunque han sido observados varios ejemplares con el cirro tentacular posterior con una longitud no superior al tercer setígero. La distribución de los paragnatos es imperativa para su distinción, es la siguiente: en vista dorsal se observan en el anillo maxilar en el área II dos filas de paragnatos (Fig. 39), en el anillo oral en el área VI dos filas de paragnatos (Fig. 39). Desde una vista ventral, en el anillo maxilar en el área IV se observan paragnatos distribuidos en dos filas arqueadas (Fig. 40), en el área III una fila de paragnatos en línea transversal, aunque en ocasiones se encontraba ausente o difícil de observar (Fig. 40), probablemente debido a que se trataban de juveniles. Por otra parte en el anillo oral en las áreas VII y VIII se observa una fila de paragnatos, separados entre si (Fig. 40).

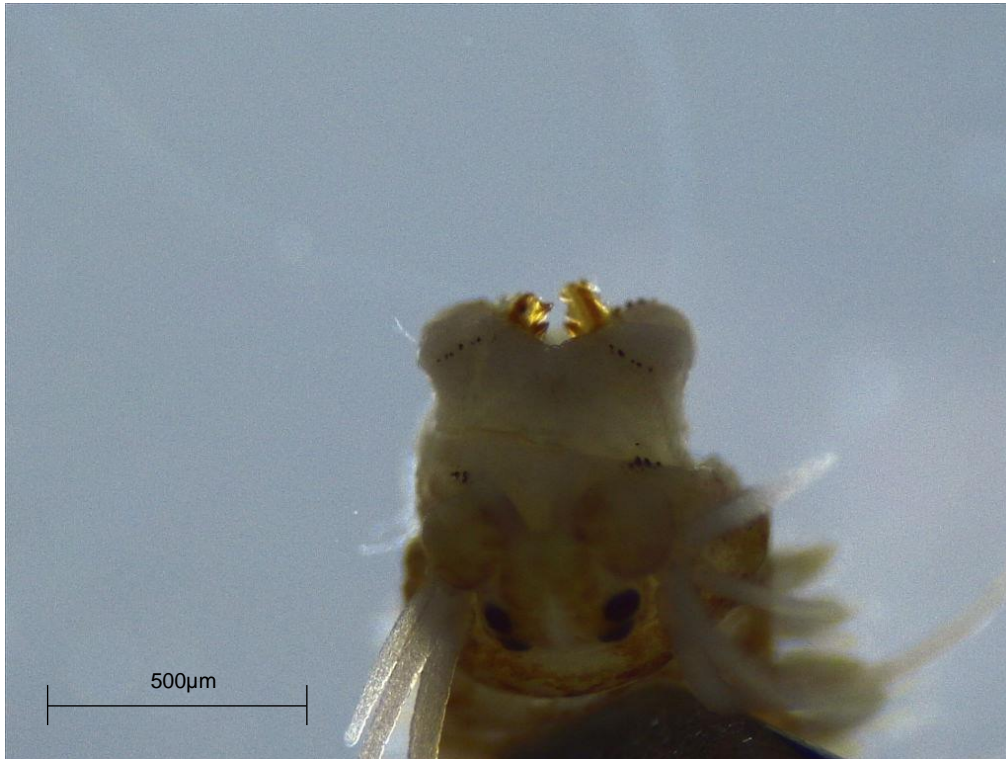


Figura 39: Visión dorsal de *Neanthes agulhana*, se observan los paragnatos en las áreas II y VI. Imagen tomada en la lupa Leica S9i a 55X.



Figura 40: Visión ventral de *Neanthes agulhana*, se observan los paragnatos en las áreas IV, VII y VIII. Imagen tomada en la lupa Leica S9i a 40X.

Respecto a los podios birrámeos, los lóbulos neuropodiales son reducidos y con menor longitud que el lóbulo notopodial (Fig. 41). El cirro dorsal tiene la misma longitud que el lóbulo notopodial (Fig. 41A), mientras que el cirro ventral tiene una longitud inferior al lóbulo neuropodial (Fig. 41B). Las sedas notopodiales son homogonfas espiníferas a lo largo de todos los setíferos (Fig. 42A), mientras que las sedas neuropodiales supraaciculares son homogonfas espiníferas y heterogonfas falcíferas (Fig. 42B), las infraaciculares son heterogonfas espiníferas y falcíferas (Fig. 42C). En cuanto a las sedas, los artejos son ganchudos en su tercio superior y con espinulación uniforme (Fig. 43).

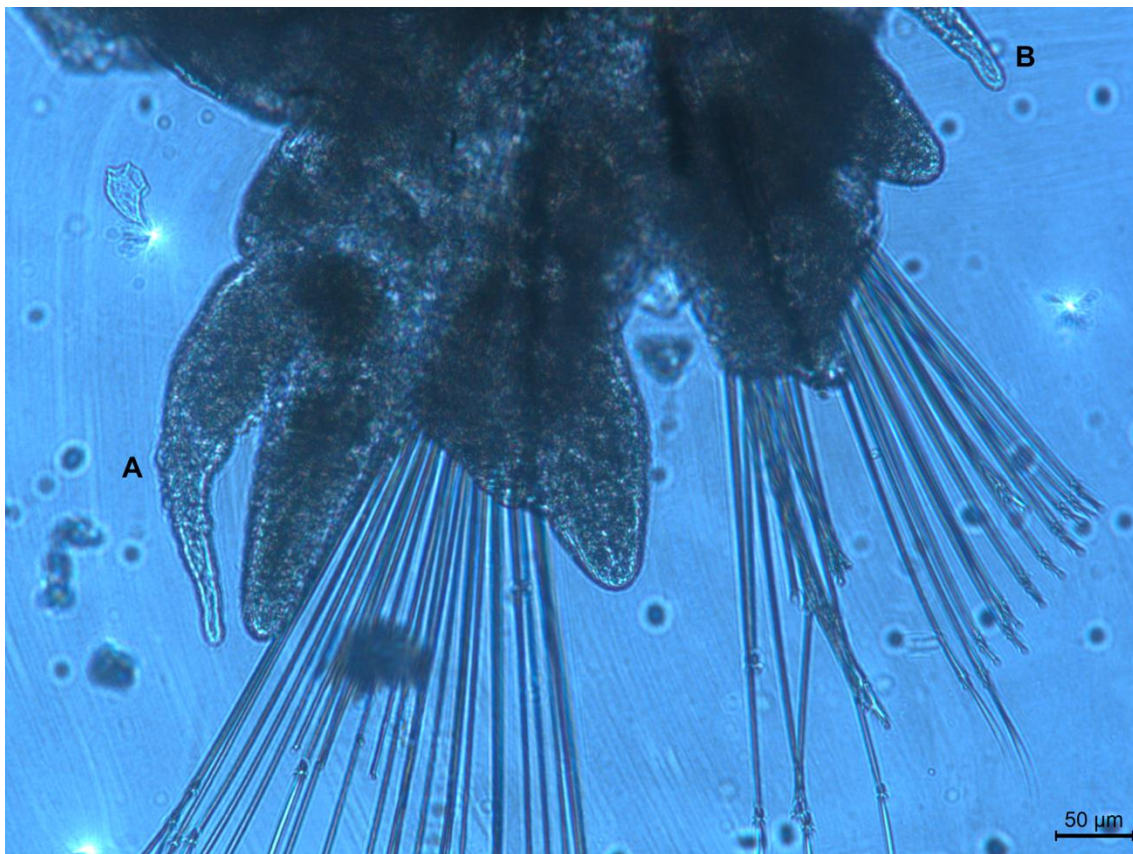


Figura 41: Podio birrámeo de *Neanthes agulhana*. (A) Cirro dorsal, (B) Cirro ventral. Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500 a 100X.

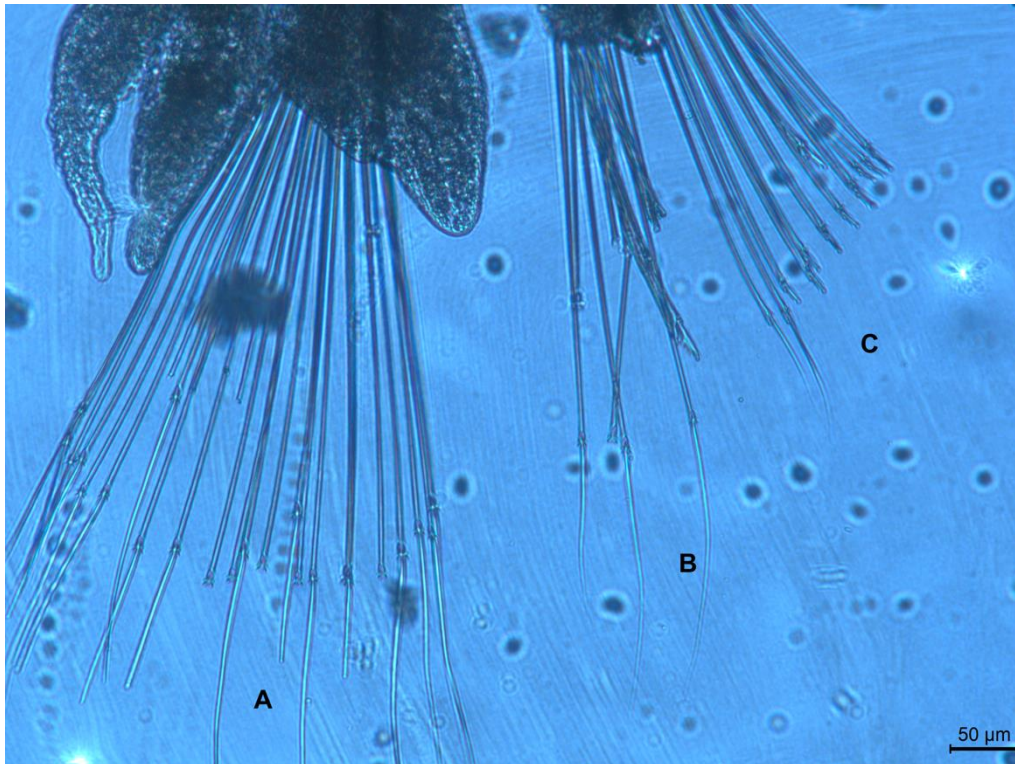


Figura 42: Sedas de *Neanthes agulhana* (setígero posterior). (A) Sedas homogonfas espiníferas notopodiales, (B) Sedas homogonfas espiníferas y heterogonfas falcíferas neuropodiales supraaciculares, (C) Sedas heterogonfas espiníferas y falcíferas neuropodiales infraaciculares. Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500 a 100X.

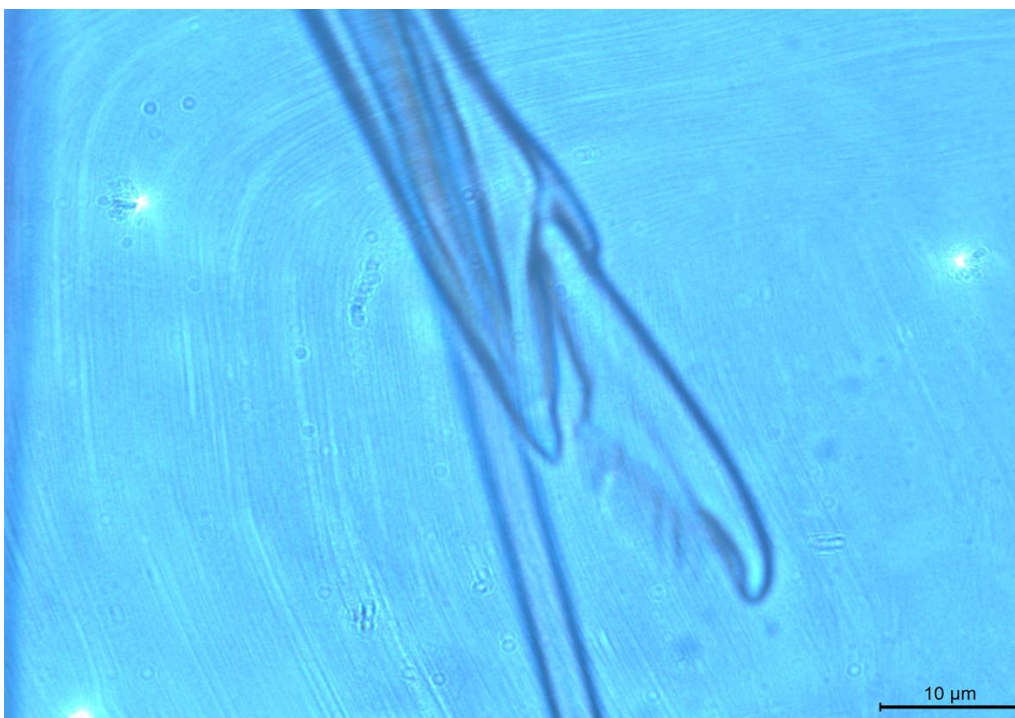


Figura 43: Seda heterogonfa falcígera neuropodial infraacicular de un setígero posterior de *Neanthes agulhana*. Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500 a 1000X.

Biología:

Se trata de una especie con preferencia por medios con un régimen hidrodinámico calmo en comunidades infralitorales de aguas someras, se encuentra sobre todo en la comunidad de las algas fotófilas (Viéitez *et al.*, 2004). En el estudio de Box *et al* (2010) fue la especie dominante en fondos de *Caulerpa racemosa* y *P.oceanica*. Spagnolo *et al* (2019) haya también la presencia de *N.agulhana* en los puertos de Pula y Rijeka en Croacia. Porcu *et al* (2017) la cita en fondos verticales coralígenos.

En el estudio ha sido recolectada tan sólo durante la primera campaña en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados (22 ejemplares), en la comunidad de las Algas Hemifotófilas (2 ejemplares) y en enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas (1 ejemplar).

Distribución geográfica:

Se trata de una especie poco conocida, en la península Ibérica ha sido recolectada en el Estrecho de Gibraltar, Málaga, Formentera (Viéitez *et al.*, 2004) y Mallorca (Box *et al.*, 2010). Sin embargo, otros autores la mencionan como una especie invasora original de Sudáfrica con poblaciones ya establecidas en la cuenca occidental del Mediterráneo y en el Mediterráneo central, el vector de introducción es probablemente las aguas de lastre aunque no se sabe con certeza (Zenetos *et al.*, 2010; Çinar, 2012).

Género *Nereis* (Linnaeus, 1758):

Siguiendo los criterios establecidos por Viéitez *et al* (2004), los principales rasgos característicos diferenciadores del género *Nereis* son la distribución de los paragnatos cónicos presentes en el anillo maxilar y oral y el tipo de sedas notopodiales. Destacan sedas homogonfas espiníferas notopodiales en la región anterior del cuerpo, sin embargo, a partir de la región media y posterior son visibles en pequeño número sedas homogonfas falcíferas notopodiales que remplazan a las sedas homogonfas espiníferas (Fig. 44). Este último rasgo característico resulta imperativo para diferenciar los géneros *Nereis* y *Neanthes*, puesto que *Neanthes* carece de sedas homogonfas falcíferas notopodiales a lo largo de todo el metastomio (Hartman, 1968; Campoy, 1982; Núñez, 1990; Fauchald, 1997; Viéitez *et al.*, 2004).

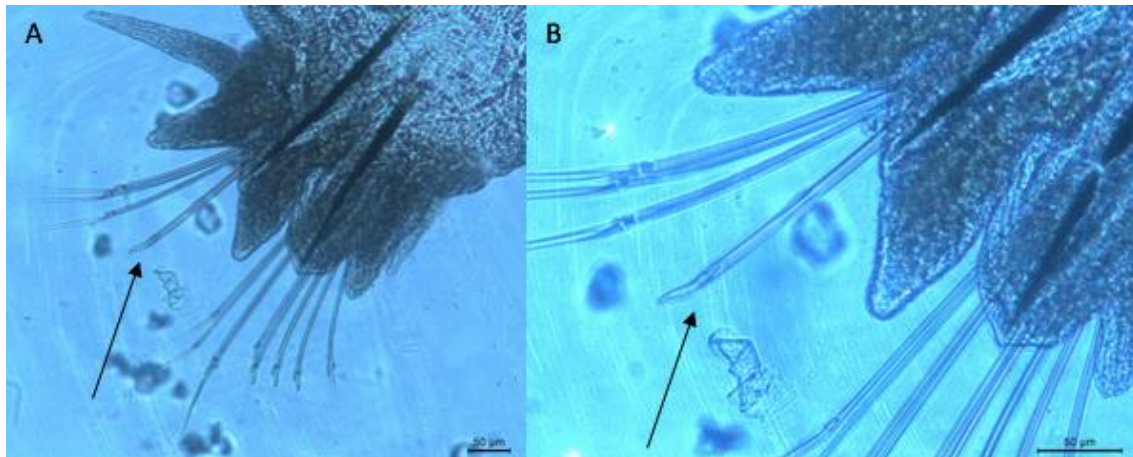


Figura 44: Seda homogonfa falcígera notopodial de un podio birrámeo posterior de *Nereis* sp. (A) Imagen 100X, (B) 200X. Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500.

- ***Nereis cf. splendida*** (Grube, 1840):

Nereis splendida: Viéitez *et al* (2004): 375, figs 137A-F

Material estudiado: LP-1.6(1), LP-1.7(3), LP-1.8(2), LP-3.9(1).

Total de individuos estudiados: 8

Dado que en la totalidad de los casos fue imposible extender la faringe de los organismos sin dañarlos, debido a su pequeño tamaño para visualizar los paragnatos, se identifica a *N.splendida* gracias a sus sedas heterogonfas y homogonfas falcíferas, estas últimas presentes en número de 1 a 2 en el notopodio. Se caracterizan por presentar un artejo alargado con un tendón subterminal en la parte apical (Fig. 45A).

Además, el borde interno del artejo presenta una espinulación uniforme en dirección “ascendente” (Fig. 45B) (Viéitez *et al.*, 2004).

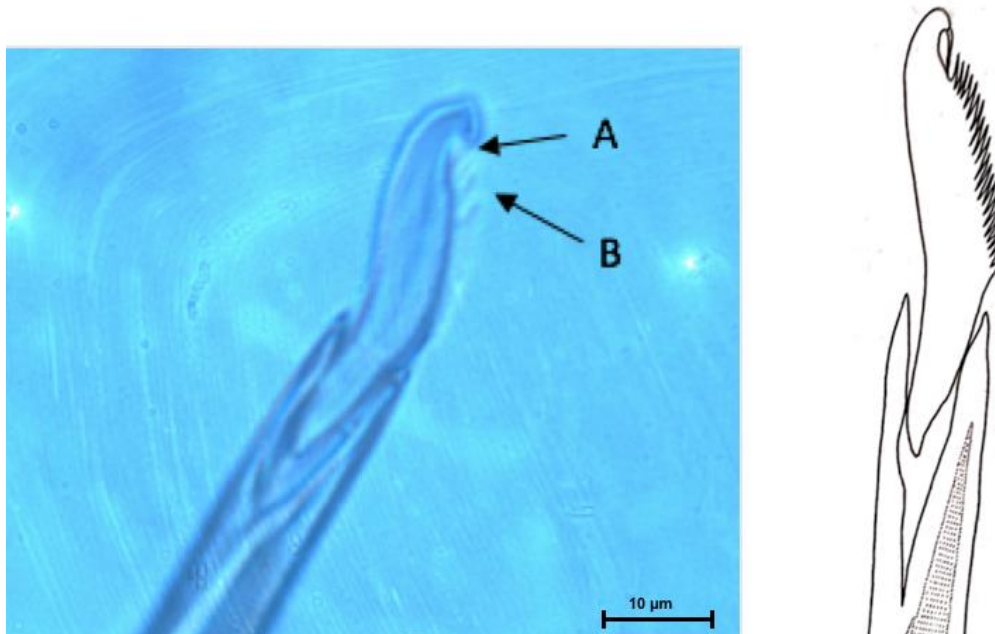


Figura 45: Seda homogónfa falcígera notopodial del setígero 52 de *Nereis splendens*. (A) Tendón subterminal del artejo, (B) Espinulación uniforme del artejo dirigida hacia arriba. Se muestra la ilustración de la seda objeto de estudio publicada en Viéitez *et al* (2004). Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500 a 1000X.

Son escasas las especies del género *Nereis* citadas en el ámbito Íbero – Balear que presentan un tendón subterminal en la parte apical del artejo en las sedas homogónfas/heterogónfas falcígeras, sin embargo, *N.splendida* puede ser confundida con *Nereis lamellosa* (Ehlers, 1864), por la presencia de dicha característica. La principal diferencia en cuanto a la distribución de las sedas entre ambas especies es que *N.lamellosa* presenta neurosedas falcígeras con un largo diente sin tendón subterminal en el haz superior, mientras que en *N.splendida* todas las sedas neuropodiales presentan el tendón subterminal (Fig. 46) (Viéitez *et al.*, 2004).

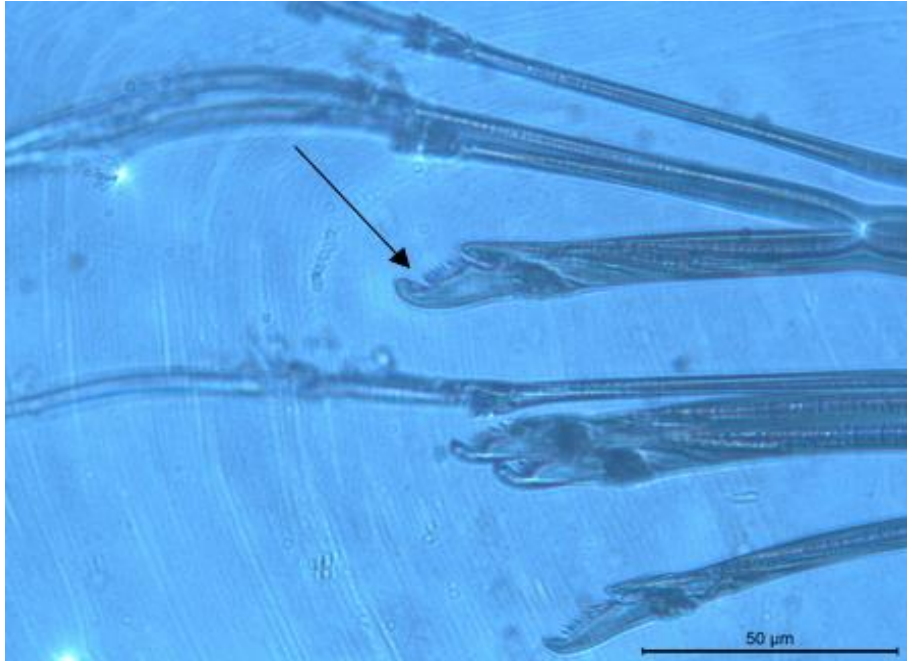


Figura 46: Tendón subterminal en la seda supraacicular neuropodial del setígero número 61 de *Nereis splendida*. El tendón subterminal en el resto de sedas infraaciculares heterogofas falcígeras se encuentra presente aunque resulta difícil de distinguir en la imagen. Imagen tomada en el microscopio Leica DM 2500 a 400X.

Biología:

Se trata de una especie común en el Piso Mesolitoral e Infralitoral. Se encuentra en la comunidad de la Roca Mediolitoral donde ha sido citada entre algas coralináceas, concreciones de algas pertenecientes al dominio Rhodophyta, arrecifes de *Sabellaria alveolata* (Linnaeus, 1767) y facies de *Mytilus* (Viéitez *et al.*, 2004). En el Piso Infralitoral es citada en fondos rocosos, conchas de *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) y en sustrato blando en la comunidad de las arenas finas bien calibradas y arenas fangosas. Su cita más profunda es a 65 metros de profundidad en fondos de Maërl. Además, es una especie con preferencia por condiciones de baja luminosidad y componente de la criptofauna móvil (Viéitez *et al.*, 2004).

En el estudio ha sido identificada en el horizonte inferior de la comunidad de la Roca Mediolitoral en la zona del espigón (3 ejemplares), en la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados en el espigón y en el muelle con 3 y 1 ejemplares respectivamente y en los enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas en la zona del espigón (1 ejemplar).

Distribución geográfica:

Ampliamente repartida en todos los océanos de aguas frías, templadas y tropicales (Viéitez *et al.*, 2004: p.376). Ha sido citada a lo largo de todo el Océano Atlántico desde las costas de Francia a Sudáfrica, su cita más austral es en Cabo de Hornos, también ha sido citada en el Océano Pacífico y en el Índico (Viéitez *et al.*, 2004). Además, su distribución abarca ambas cuencas mediterráneas, incluido el litoral valenciano (Viéitez *et al.*, 2004).

- ***Nereis cf. rava*** (Ehlers, 1864):

Nereis rava: Campoy (1982): 500; Viéitez *et al* (2004): 373, figs 138A-G

Material estudiado: LP-1.10(1)

Total de individuos estudiados: 1

Observaciones anatómico-morfológicas:

Un único ejemplar dañado de *N.rava* ha sido identificado en las muestras del puerto comercial de Puerto de Sagunto. El ejemplar se encontraba dañado, por ello se recurrió a las sedas para su determinación, concretamente en busca de la seda homogonfa falcígera de los setígeros posteriores característica de *N.rava* (Fig. 47A). La seda se encuentra en el notopodio de los setígeros posteriores en número reducido (1-2) remplazando a las sedas homogonfas espiníferas. El artejo es alargado, unidentado, con el ápice redondeado, ligeramente ganchudo y espinulado en el borde interno (Fig. 47B) (Viéitez *et al.*, 2004: p.373).

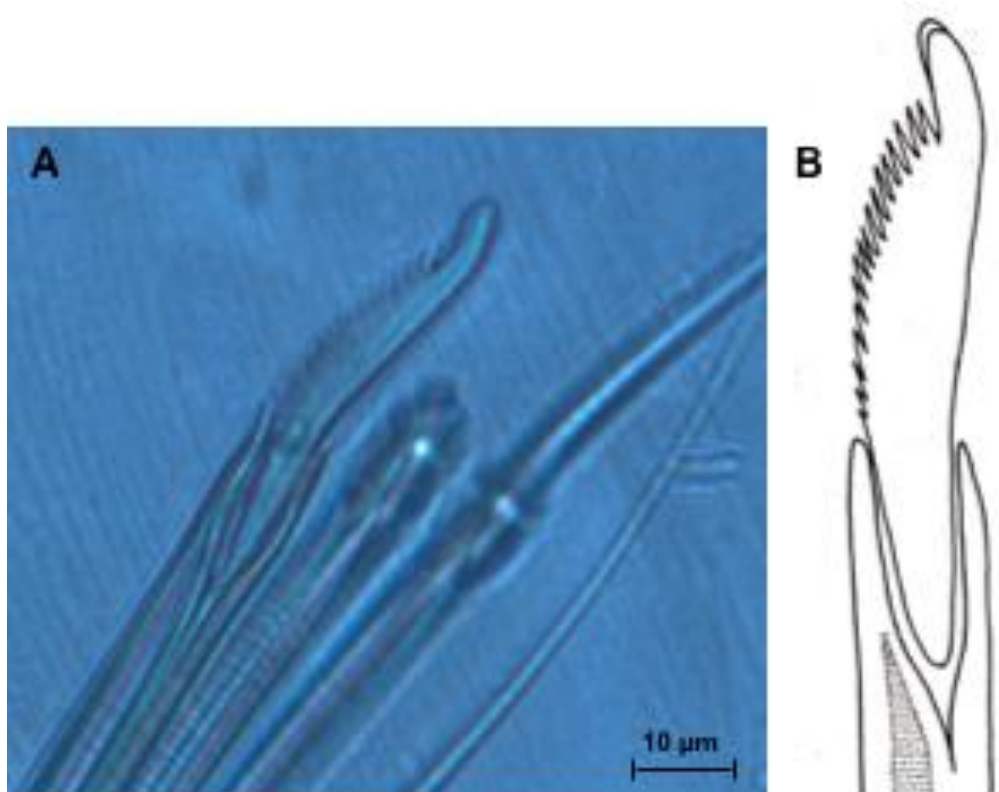


Figura 47: (A) Seda homogonfa falcígera notopodial de los setígeros posteriores de *Nereis rava* a 400X (B) Comparativa con la ilustración de la seda mencionada presente en la descripción de la bibliografía consultada (Viéitez et al., 2004: p.374).

Biología:

Se trata de una especie común, puede encontrarse tanto en sustrato blando como en duro, desde el Piso Mediolitoral hasta el Piso Circalitoral, aunque también ha sido citada a 1,685 metros de profundidad en el Piso Batial, por ello Viéitez *et al* (2004) la menciona como una especie euribática. Además, tiene un carácter ubiquista y criptófilo, ya que frecuenta las microcavidades y grietas del sustrato (Campoy, 1982; Tena, 1996; Viéitez *et al.*, 2004; Royo, 2016). En cuanto a comunidades bentónicas de sustrato duro, se encuentra asociada a la comunidad de la Roca Mediolitoral, Algas Fotófilas tanto en regímenes batidos como abrigados y en medios eutrofizados, Algas Hemifotófilas, Algas Esciáfilas Infralitorales, Poblamientos nitrófilos y fouling (Tena, 1996; Viéitez *et al.*, 2004; Torres-Gavilá, 2008; Royo, 2016). Por otra parte, en el Piso Circalitoral en sustrato duro se encuentra en la comunidad de las Algas Esciáfilas circalitorales con concrecionamiento, Coralígeno de plataforma, Grutas semioscuras y Grutas en oscuridad total (Tena, 1996; Torres-Gavilá, 2008; Royo, 2016).

También puede encontrarse en sustratos blandos del Piso Infralitoral en la comunidad de las Arenas Fangosas en régimen abrigado (en *Cymodocea nodosa* (Ascherson, 1869) y sin cobertura vegetal), Laguna eurihalina-euriterma, Arenas finas con *Spisula subtruncata* (Da Costa, 1778), Praderas de *P. oceanica* y Arenas gruesas bajo corrientes de fondo (Campoy, 1982; Tena, 1996; Torres-Gavilá, 2008; Royo, 2016). En el Piso Circalitoral se encuentra en comunidades Detríticas costeras, Fangos con *Amphiura filiformis* (Müller, 1776) (Tena, 1996; Torres-Gavilá, 2008; Royo, 2016).

En el estudio ha sido únicamente identificada en la muestra LP-1.10, a pesar de ello se trata de una muestra poco representativa y por ello no se discuten sus resultados. La muestra corresponde a un enclave circalitoral, lo que concuerda con la presencia de *N. rava* dado su preferencia por ambientes esciáfilos.

Distribución geográfica:

Se encuentra desde el Mar del Norte hasta Cabo Verde, aunque los autores la citan generalmente como una especie Atlántico-Mediterránea (Campoy, 1982; Viéitez *et al.*, 2004, Royo, 2016). Se trata de una especie con alta repartición, incluido todo el Mar Mediterráneo, el Mar Negro y Canarias (Tena, 1996; Viéitez *et al.*, 2004; Royo, 2016). Es común en las aguas de la Comunidad Valenciana (Royo, 2016).

5. Conclusiones:

- 1- El confinamiento de las aguas afecta al ensamblaje de organismos a lo largo del dominio bentónico rocoso del puerto comercial de Puerto de Sagunto. El Piso Supralitoral superior en la zona del muelle, se caracteriza por la elevada densidad de *Chthamalus stellatus* que cubre por completo el sustrato vertical, mientras que en el Supralitoral inferior la densidad de *C.stellatus* disminuye y aumenta la abundancia de litorínidos. En el Piso Mediolitoral, el horizonte superior de la comunidad de la Roca Mediolitoral en la zona del muelle se caracteriza por la presencia de patélidos situados por encima del cordón de *Ellisolandia elongata* y las facies de *Mytilus galloprovincialis* cubren casi la totalidad del sustrato en el límite entre el horizonte superior e inferior.
- 2- En el horizonte inferior de la comunidad de la Roca Mediolitoral en la zona del muelle, la gran cobertura de organismos modulares/gregarios da lugar a un número elevado de grupos zoológicos de organismos unitarios dada la mayor heterogeneidad del sustrato, mientras que en la zona del espigón, los organismos modulares/gregarios se encuentran en su mayoría ausentes, la cobertura algal es elevada y el número de grupos zoológicos de organismos unitarios es reducido. En ambas zonas respectivamente, el horizonte inferior es similar a la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados, en cuanto a composición de organismos modulares/gregarios. Los poliquetos dominantes son los nereídos en ambas zonas, *P.dumerilii* obtiene el valor de abundancia más elevado con 33 y 20 ejemplares en el muelle y en el espigón respectivamente.
- 3- En el Piso Infralitoral en la zona del espigón se identifica la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados, la cobertura del turf algal es elevada, reteniendo una gran cantidad de sedimentos que inhiben el asentamiento de las esporas y larvas de las algas y fauna bentónica respectivamente, a excepción de las zonas con mayor inclinación del sustrato donde los organismos modulares/gregarios son capaces de proliferar, probablemente por la menor retención de sedimento, que corresponde con el número más elevado de grupos zoológicos de organismos unitarios por la mayor heterogeneidad espacial. Los poliquetos nereídos son los más abundantes, *P.dumerilii* es la especie más

abundante con 61 ejemplares, aunque también destaca la abundancia de *N.agulhana* con 16 ejemplares.

- 4- En los ambientes esciáfilos del Piso Infralitoral en la zona del espigón se identifica la comunidad de los Enclaves circalitorales de facies de paredes, techos y cuevas, la cobertura de organismos modulares/gregarios es elevada, destacan *Schizoporella cf. errata* y *Oculina patagonica* que dan lugar a un ensamblaje de organismos modulares/gregarios similar al del muelle. Además, la mayor cobertura de *Schizoporella cf. errata* corresponde con el número más elevado de grupos zoológicos de organismos unitarios. Los poliquetos nereídos son los más abundantes, *P.dumerilii* es la especie más abundante con 51 ejemplares.
- 5- En el Piso Infralitoral en la zona del muelle se identifica la comunidad de las Algas Fotófilas en medios eutrofizados. La cobertura del turf algal es elevada y se altera con la presencia de organismos modulares/gregarios, donde destacan las estructuras de *Schizoporella cf. errata* que crecen de forma arborescente como consecuencia de la competencia por el sustrato con las colonias de *Oculina patagonica* y la presencia de hidrozoos y cirrípedos que sirven de apoyo a la estructura una vez enterrados por el briozoo. El mayor número de grupos zoológicos de organismos unitarios se registra en las estructuras de *Schizoporella cf. errata* por la mayor heterogeneidad espacial. Los poliquetos nereídos son los más abundantes, *P.dumerilii* es la especie más abundante con 17 ejemplares.
- 6- En la zona del muelle, la comunidad de las Algas Hemifotófilas presente a partir de los 4m de profundidad dada la elevada turbidez de las aguas, se caracteriza por la cobertura homogénea del turf algal, compuesto en su cota batimétrica superior por algas rodófitas filamentosas. Los poríferos y los antozoos dominan la comunidad. Las colonias de *Oculina patagonica* cubren gran parte del sustrato en la cota batimétrica superior y corresponde con un número de grupos zoológicos de organismos unitarios reducido, mientras que en la cota batimétrica inferior se encuentra dominada por *Eunicella cf. cavolini* y *Leptogorgia cf. sarmentosa*. Los poliquetos sedentarios dominan la comunidad y la abundancia de nereídos es baja con sólo 8 ejemplares, aun así entre los nereídos, *P.dumerilii* es el más abundante con 4 ejemplares.

- 7- La baja diversidad algal, su escasa cobertura, la elevada cobertura de turf algal, la presencia de poblamientos nitrófilos y la elevada densidad de *Mytilus galloprovincialis* en el horizonte superior de la comunidad de la Roca Mediolitoral y la elevada abundancia de organismos indicadores de eutrofización como *Branchiomma luctuosum* y *P.dumerilii* (186 ejemplares) en el Piso Infralitoral indican que las aguas del puerto comercial de Puerto de Sagunto se encuentran altamente eutrofizadas, probablemente debido a las pérdidas durante la carga y descarga de graneles de abonos que suponen una de las mercancías principales del puerto comercial.

6. Líneas futuras:

1.-Estudio de la taxocenosis completa de poliquetos en el bentos rocoso, identificando y cuantificando todas las especies para señalar la presencia de especies indicadoras de contaminación y aplicando los índices de diversidad para reflexionar sobre el estado de conservación del puerto comercial de Puerto de Sagunto.

2.- Estudio de la adaptación de *Schizoporella errata* a medios con diferente hidrodinamismo. Para ello, se podría comparar entre la zona exterior e interior del muelle los efectos que produce hidrodinamismo en el crecimiento, cobertura, laminación y composición de los zooides de *S.errata*.

3.- Identificación de la presencia de especies invasoras e indicadoras a partir de eDNA; que supone una de las metodologías más innovadoras hoy en día con la mejor relación coste-efectividad.

4.- Estudio de la composición y variación estacional del turf algal y su efecto en la sedimentación.

5.- Estudio del efecto de la alta temperatura en las aguas portuarias durante los meses estivales en la diversidad y abundancia de poliquetos.

7. Bibliografía y webgrafía:

- 1- Abdulla, A., y Linden, O., (2008). *Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea*, 1ª Edición, Málaga, España: IUCN.
- 2- Antizar-Ladislao, B., (2008). Environmental levels, toxicity and human exposure to tributyltin (TBT)-contaminated marine environment. A review. *Environment international* 34(2), 292-308.
- 3- Antoniadou, C., Sarantidis, S., y Chintiroglou, C., (2011). Small-scale spatial variability of zoobenthic communities in a commercial Mediterranean port. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91(1), 77-89.
- 4- Autoridad Portuaria de Valencia (2021): Valenciaport. Disponible en: <https://www.valenciaport.com/comunidad/sagunto/el-puerto/> [Consulta: 4-4-2021].
- 5- Airoldi, L., (2000). Effects of disturbance, life histories, and overgrowth on coexistence of algal crusts and turfs. *Ecology* 81(3), 798-814.
- 6- Airoldi, L., y Virgilio, M., (1998). Responses of turf-forming algae to spatial variations in the deposition of sediments. *Marine ecology progress series* 165, 271-282.
- 7- Ballesteros, E., (1988). Composición y estructura de la comunidad infralitoral de *Corallina elongata* Ellis & Solander, 1786, de la Costa Brava (Mediterráneo Occidental). *Scientia Marina* 52(1), 135-151.
- 8- Boltovskoy, D., Almada, P., y Correa, N., (2011). Biological invasions: assessment of threat from ballast-water discharge in Patagonian (Argentina) ports. *Environmental Science & Policy* 14(5), 578-583.
- 9- Bonnici, L., Borg, J. A., Evans, J., Lanfranco, S., y Schembri, P. J., (2018). Of rocks and hard places: comparing biotic assemblages on concrete jetties versus natural rock along a microtidal Mediterranean shore. *Journal of Coastal Research* 34(5), 1136-1148.
- 10- Borriello, F., (2013). The sustainability of Mediterranean Port areas: environment management for local regeneration in Valencia. *Sustainability* 5(10), 4288-4311.
- 11- Boulos, J., (2016). Sustainable Development of Coastal Cities-Proposal of a Modelling Framework to Achieve Sustainable City-Port Connectivity. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 216, 974-985.

- 12- Box, A., Martin, D., y Deudero, S., (2010). Changes in seagrass polychaete assemblages after invasion by *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Chlorophyta: Caulerpales): community structure, trophic guilds and taxonomic distinctness. *Scientia Marina* 74(2), 317-329.
- 13- Braathen, N., (2011). *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of Ports*, 1ª Edición, París: OECD Publishing.
- 14- Brzana, R., Marszewska, L., Normant-Saremba, M., y Błażewicz, M., (2019). Non-indigenous tanaid *Sinelobus vanhaareni* (Bamber, 2014) in the Polish coastal waters—an example of a successful invader. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 48(1), 76-84.
- 15- Campoy, A., (1982). *Fauna de España. Fauna de Anélidos Poliquetos de la Península Ibérica*, 2ª Edición, Navarra: Universidad de Navarra.
- 16- Capa, M., y Hutchings, P., (2021). Annelid diversity: Historical overview and future perspectives. *Diversity* 13(3), 129.
- 17- Carstensen, J., Conley, D. J., Bonsdorff, E., Gustafsson, B. G., Hietanen, S., Janas, U., ... y Voss, M., (2014). Hypoxia in the Baltic Sea: Biogeochemical cycles, benthic fauna, and management. *Ambio* 43(1), 26-36.
- 18- Chan, A. A. Y. H., Giraldo-Perez, P., Smith, S., y Blumstein, D. T., (2010). Anthropogenic noise affects risk assessment and attention: the distracted prey hypothesis. *Biology letters* 6(4), 458-461.
- 19- Chatzinikolaou, E., Mandalakis, M., Damianidis, P., Dailianis, T., Gambineri, S., Rossano, C., ... y Arvanitidis, C., (2018). Spatio-temporal benthic biodiversity patterns and pollution pressure in three Mediterranean touristic ports. *Science of the total environment* 624, 648-660.
- 20- Chien, L. C., Hung, T. C., Choang, K. Y., Yeh, C. Y., Meng, P. J., Shieh, M. J., y Han, B. C., (2002). Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Science of the total environment* 285(1-3), 177-185.
- 21- Christensen, P. B., Glud, R. N., Dalsgaard, T., y Gillespie, P., (2003). Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. *Aquaculture* 218(1-4), 567-588.
- 22- Çinar, M.E., (2012). Alien polychaete species worldwide: current status and their impacts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93(5), 1-22.
- 23- Cocito, S., Ferdeghini, F., Morri, C., y Bianchi, C. N., (2000). Patterns of bioconstruction in the cheilostome bryozoan *Schizoporella errata*: the influence of hydrodynamics and associated biota. *Marine Ecology Progress Series* 192, 153-161.

- 24- Comisión Europea (2000) “Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por el que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de las aguas”, *Diario Oficial de la Unión Europea*, de 22 de diciembre de 2000 (327), 1-73.
- 25- Connell, S. D., Foster, M. S., y Airoidi, L., (2014). What are algal turfs? Towards a better description of turfs. *Marine Ecology Progress Series* 495, 299-307.
- 26- Costello, M. J., Coll, M., Danovaro, R., Halpin, P., Ojaveer, H., y Miloslavich, P., (2010). A census of marine biodiversity knowledge, resources, and future challenges. *PloS one* 5(8), e12110.
- 27- Cranford, P. J., Hargrave, B. T., y Doucette, L. I., (2009). Benthic organic enrichment from suspended mussel (*Mytilus edulis*) culture in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture* 292(3-4), 189-196.
- 28- Cranford, P. J., Strain, P. M., Dowd, M., Hargrave, B. T., Grant, J., y Archambault, M. C., (2007). Influence of mussel aquaculture on nitrogen dynamics in a nutrient enriched coastal embayment. *Marine Ecology Progress Series* 347, 61-78.
- 29- Crespo Soler, C., Ripoll Feliu, V., Crespo, A., y Giner, A., (2005). “La sostenibilidad ambiental en el sistema portuario de titularidad estatal”, en: *XIII Congreso AECA*, Oviedo, España.
- 30- Culbertson, J. B., Valiela, I., Peacock, E. E., Reddy, C. M., Carter, A., y VanderKruik, R., (2007). Long-term biological effects of petroleum residues on fiddler crabs in salt marshes. *Marine pollution bulletin* 54(7), 955-962.
- 31- Dafforn, K. A., Lewis, J. A., y Johnston, E. L., (2011). Antifouling strategies: history and regulation, ecological impacts and mitigation. *Marine Pollution Bulletin* 62(3), 453-465.
- 32- Dailianis, T., Akyol, O., Babali, N., Bariche, M., Crocetta, F., Gerovasileiou, V., Chanem, R., Gökoğlu, M., Hasiotis, T., IZquierdo-Muñoz, ... y Trkov, D., (2016). New Mediterranean Biodiversity Records. *Mediterranean Marine Science* 17(2), 608-626.
- 33- Darbra, R. M., Ronza, A., Stojanovic, T. A., Wooldridge, C., y Casal, J., (2005). A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. *Marine pollution bulletin* 50(8), 866-874.
- 34- De Luca, G., Furesi, A., Micera, G., Panzanelli, A., Piu, P. C., Pilo, M. I., ... y Sanna, G., (2005). Nature, distribution and origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediments of Olbia harbor (Northern Sardinia, Italy). *Marine Pollution Bulletin* 50(11), 1223-1232.

- 35- Dias, G. M., Dutra, F. S., y Duarte, R. C., (2020). Artificial habitats induce plasticity in colonies of the marine bryozoan *Schizoporella errata*. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 333(3), 239-249.
- 36- Diaz, R. J., y Rosenberg, R., (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and marine biology: An annual review* 33, 245-03.
- 37- Dimitriou, P. D., Chatzinikolaou, E. y Arvanitidis, C., (2020) 'Ecological status assessment based on benthic macrofauna of three Mediterranean ports: Comparisons across seasons, activities and regions', *Marine Pollution Bulletin* 153.
- 38- Dreujou, E., McKindsey, C. W., Grant, C., Tréau de Coeli, L., St-Louis, R., y Archambault, P., (2020). Biodiversity and Habitat Assessment of Coastal Benthic Communities in a Sub-Arctic Industrial Harbor Area. *Water* 12(9), 2424.
- 39- El Haddad, M., Capaccioni Azzati, R., y García-Carrascosa, A. M., (2008). *Branchiomma luctuosum* (Polychaeta: Sabellidae): a non-indigenous species at Valencia Port (western Mediterranean Sea, Spain). *Marine Biodiversity Records* 1(61), 1-7.
- 40- Emig, C. C., Cinar, M. E., y Ergen, Z., (2003). Phoronida from the eastern Mediterranean and Black Sea. *Cahiers de biologie marine* 44(2), 185-190.
- 41- Everett, R. A., (2000). Patterns and pathways of biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 15(5), 177-178.
- 42- Fauchald, K., y Rouse, G., (1997). Polychaete systematics: past and present. *Zoologica Scripta* 26(2), 71-138.
- 43- Fauchald, K., y Jumars, P. A., (1979). The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and marine Biology annual review* 17, 193-284.
- 44- Fauchald, K., (1977). *The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera*, 1ª Edición, California: Natural History Museum of Los Angeles County
- 45- Fine, M., Zibrowius, H., y Loya, Y., (2001). *Oculina patagonica*: a non-lessepsian scleractinian coral invading the Mediterranean Sea. *Marine Biology* 138(6), 1195-1203.
- 46- Fratini, S., Zane, L., Ragionieri, L., Vannini, M., y Cannicci, S., (2008). Relationship between heavy metal accumulation and genetic variability decrease in the intertidal crab *Pachygrapsus marmoratus* (Decapoda; Grapsidae). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79(4), 679-686.

- 47- Gadd, G. M., (2000). Microbial interactions with tributyltin compounds: detoxification, accumulation, and environmental fate. *Science of the total environment* 258(1-2), 119-127.
- 48- Gammal, J., (2019). *Spatial Variability in Benthic Macrofauna Communities and Associated Ecosystem Functions Across Coastal Habitats*, Tesis Doctoral, Universidad de Helsinki, Helsinki.
- 49- Gammal, J., Norkko, J., Pilditch, C. A., y Norkko, A., (2017). Coastal hypoxia and the importance of benthic macrofauna communities for ecosystem functioning. *Estuaries and Coasts* 40(2), 457-468.
- 50- Glasby, C., Hutchings, P., Fauchald, K., Paxton, H., Rouse, G. W., Watson, R. C., y Wilson, R. S., (2000). *Fauna of Australia. Polychaetes & Allies: The Southern Synthesis*, Vol. 4A, Australia: Commonwealth of Australia.
- 51- Hartman, O., (1968). *Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California*, Los Angeles: Allan Hancock Found.
- 52- Hewitt, C. L., Gollasch, S., y Minchin, D., (2009). "The vessel as a vector—biofouling, ballast water and sediments" en: Rilov, G., y Crooks, J.A. *Biological Invasions in Marine Ecosystems*, Berlín: Springer, 117-131.
- 53- Hind, K. R., y Saunders, G. W., (2013). A molecular phylogenetic study of the tribe Corallineae (Corallinales, Rhodophyta) with an assessment of genus-level taxonomic features and descriptions of novel genera. *Journal of phycology* 49(1), 103-114.
- 54- Holmes, S., y Callaway, R., (2020). Design and implementation of two surveys targeted at describing fouling communities and identifying non-native species within active ports. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 100(8), 1191-1204.
- 55- Hoyle, B., (1997). Cities and Ports: concepts and issues. *Vegueta: Anuario de la Facultad de Geografía e Historia* 3, 263-278.
- 56- Hutchings, P., (1998). Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity & Conservation* 7(9), 1133-1145.
- 57- Izegaegbe, J. I., Vivier, L., y Mzimela, H. M., (2020). Spatial and temporal distribution of macrobenthic fauna of subtropical Richards Bay Harbour, South Africa. *Regional Studies in Marine Science*, 36, 101313.
- 58- Karalis, P., Antoniadou, C., y Chintiroglou, C., (2003). Structure of the artificial hard substrate assemblages in ports in Thermaikos Gulf (North Aegean Sea). *Oceanologica Acta* 26(3), 215-224.

- 59- Kasihmuddin, M. S. M., y Cob, Z. C., (2021). Distribution of Benthic Macroinvertebrates in Seafloor Northward of Pulau Indah, Klang. *Pertanika Journal of Science & Technology* 29(1), 641-662
- 60- Kight, C. R., y Swaddle, J. P., (2011). How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review. *Ecology letters* 14(10), 1052-1061.
- 61- Kikuzawa, Y. P., Ng, C. S. L., Toh, T. C., Sam, S. Q., Lee, Y. L., Loo, P. L., ... y Chou, L. M., (2020). Diversity of subtidal benthic and hard coral communities on sloping and vertical seawalls in Singapore. *Marine Biodiversity* 50(6), 1-14.
- 62- Kladoudatos, D., Kotsiri, Z., Neofitou, N., Lolas, A., y Vafidis, D., (2020). Population Characteristics of the Mid-Littoral Chthamalid Barnacle *C.stellatus* (Poli, 1791) in Eastern Mediterranean (Central Greece). *Water* 12(12), 3304.
- 63- Lewis, J. A., (1998). Marine biofouling and its prevention. *Materials Forum* 22, 41-61.
- 64- Licciano, M., Stabili, L., Giangrande, A., y Cavallo, R. A., (2007). Bacterial accumulation by *Branchiomma luctuosum* (Annelida: Polychaeta): a tool for biomonitoring marine systems and restoring polluted waters. *Marine environmental research* 63(3), 291-302.
- 65- Loi, T. N., (1981). Environmental stresses and intertidal assemblages on hard substrates in the Port of Long Beach, California, USA. *Marine Biology* 63(2), 197-211.
- 66- Lozano-Bilbao, E., González-Delgado, S., y Alcázar-Treviño, J., (2021). Use of survival rates of the barnacle *Chthamalus stellatus* as a bioindicator of pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 1247-1253.
- 67- Mancinelli, G., Chainho, P., Cilenti, L., Falco, S., Kapisir, K., Katselis, G., y Ribeiro, F., (2017). The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern European coastal waters: Distribution, impact and prospective invasion management strategies. *Marine pollution bulletin* 119(1), 5-11.
- 68- Martínez-Lladó, X., Gibert, O., Martí, V., Díez, S., Romo, J., Bayona, J. M., y De Pablo, J., (2007). Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and tributyltin (TBT) in Barcelona harbour sediments and their impact on benthic communities. *Environmental Pollution* 149(1), 104-113.
- 69- Metzger, E., Simonucci, C., Viollier, E., Sarazin, G., Prévot, F., y Jézéquel, D., (2007). Benthic response to shellfish farming in Thau lagoon: pore water signature. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72(3), 406-419.

- 70- Micael, J., Marina, J. G., Costa, A. C., y Occhipinti-Ambrogi, A., (2014). The non-indigenous *Schizoporella errata* (Bryozoa: Cheilostomatida) introduced into the Azores Archipelago. *Marine Biodiversity Records* 7, 1-6.
- 71- Mosbahi, N., Serbaji, M. M., Pezy, J. P., Neifar, L., y Dauvin, J. C., (2019). Response of benthic macrofauna to multiple anthropogenic pressures in the shallow coastal zone south of Sfax (Tunisia, central Mediterranean Sea). *Environmental Pollution* 253, 474-487.
- 72- Newell, R. I., (2004). Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish research* 23(1), 51-62.
- 73- Norton, T. A., y Fetter, R., (1981). The settlement of *Sargassum muticum* propagules in stationary and flowing water. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 61(4), 929-940.
- 74- Noyel, V., y Desai, D.V., (2020). Spatio-temporal variation in the macrobenthos of Paradip port, east coast of India. *Current Science* 119(1), 68–82.
- 75- Núñez, J., (1990). *Anélidos Poliquetos de Canarias: estudio sistemático de los órdenes Phyllodocida, Amphinomida y Eunicida*. Tesis Doctoral, Universidad de la Laguna, Tenerife.
- 76- Palmer-Zwahlen, M. L., y Aseltine, D. A., (1994). Successional development of the turf community on a quarry rock artificial reef. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3), 902-923.
- 77- Pearson, S., Windupranata, W., Pranowo, S. W., Putri, A., Ma, Y., Vila-Concejo, A., ... y Arvanitidis, C., (2016). Conflicts in some of the World harbours: what needs to happen next?. *Maritime Studies* 15(1), 1-23.
- 78- Peña, V y Bárbara, J., (2002). Caracterización florística y zonación de las algas bentónicas marinas del puerto de A Coruña (N.O. Península Ibérica). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 12, 35-66.
- 79- Perkol-Finkel, S., y Airoidi, L., (2010). Loss and recovery potential of marine habitats: an experimental study of factors maintaining resilience in subtidal algal forests at the Adriatic Sea. *PLoS one*, 5(5), e10791.
- 80- Pettibone, M. H., (1982). Annelida. Synopsis and Classification of Living Organisms. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 102, 137-153.
- 81- Prathep, A., Marrs, R., y Norton, T., (2003). Spatial and temporal variations in sediment accumulation in an algal turf and their impact on associated fauna. *Marine Biology* 142(2), 381-390.
- 82- Preda, C., Memedemin, D., Skolka, M., y Cogălniceanu, D., (2012). Early detection of potentially invasive invertebrate species in *Mytilus galloprovincialis*

- (Lamarck, 1819) dominated communities in harbours. *Helgoland marine research* 66(4), 545-556.
- 83- Prego, R., y Cobelo-Garcia, A., (2003). Twentieth century overview of heavy metals in the Galician Rias (NW Iberian Peninsula). *Environmental Pollution* 121(3), 425-452.
- 84- Puljas, S., y Morton, B., (2019). Influence of predation by two crabs, *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1787) and *Lophozozymus incisus* (H. Milne Edwards, 1834) (Decapoda: Brachyura: Grapsidae, Xanthidae), on intertidal mussels (Mytiloidea) in the Adriatic Sea. *Journal of Crustacean Biology* 39(2), 103-111.
- 85- Ramos, E., de Terán, J. R. D., Puente, A., y Juanes, J. A., (2016). The role of geomorphology in the distribution of intertidal rocky macroalgae in the NE Atlantic region. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 179, 90-98.
- 86- Regnault, M., y Lagardere, J. P., (1983). Effects of ambient noise on the metabolic level of *Crangon crangon* (Decapoda, Natantia). *Marine ecology progress series* 11(1), 71-78.
- 87- Riera, R., Rodríguez, M., Ramos, E., Monterroso, Ó., y Delgado, J.D., (2013). Hard and soft-bottom macrozoobenthos in subtidal communities around an inactive harbour area (Gran Canaria, Canary Islands). *Vie et Milieu-Life and Environment* 63(1), 23-34.
- 88- Rodríguez, C., Sala, E., Clavell, A., y Polo, L., (1997). Composición y estructura de las comunidades de algas bentónicas de ambientes portuarios: El puerto de Blanes. *Collectanea Botanica* 23, 29-40.
- 89- Rouse, G. W., y Fauchald, K., (1997). Cladistics and polychaetes. *Zoologica Scripta* 26(2), 139-204.
- 90- Royo, M., (2016). *Fauna de Anélidos Poliquetos de fondos de sustrato suelto de la Comunidad Valenciana: Aspectos ecológicos*, Tesis Doctoral, Universidad Católica de Valencia, Valencia.
- 91- Ryu, J., Khim, J. S., Kang, S. G., Kang, D., Lee, C. H., y Koh, C. H., (2011). The impact of heavy metal pollution gradients in sediments on benthic macrofauna at population and community levels. *Environmental Pollution* 159(10), 2622-2629.
- 92- Sáez, C. J., (2007). *Guía de la Fauna y Flora Submarinas del Puerto de Valencia*, 1ª Edición, Valencia: Autoridad Portuaria de Valencia.
- 93- Saiz-Salinas, J. I., y Urkiaga-Alberdi, J., (1999). Use of faunal indicators for assessing the impact of a port enlargement near Bilbao (Spain). *Environmental Monitoring and Assessment* 56(3), 305-330.

- 94- Shain, D.H., (2009). *Annelids in Modern Biology*, 1ª Edición, New Jersey: John Wiley & Sons.
- 95- Shimabukuro, M., Santos, C. S., Alfaro-Lucas, J. M., Fujiwara, Y., y Sumida, P. Y., (2017). A new eyeless species of *Neanthes* (Annelida: Nereididae) associated with a whale-fall community from the deep Southwest Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 146, 27-34.
- 96- Slabbekoorn, H., Bouton, N., Van Opzeeland, I., Coers, A., Ten Cate, C., y Popper, A. N., (2010). A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in ecology & evolution* 25(7), 419-427.
- 97- Sokolover, N., Ostrovsky, A. N., y Ilan, M., (2018). *Schizoporella errata* (Bryozoa, Cheilostomata) in the Mediterranean Sea: abundance, growth rate, and reproductive strategy. *Marine Biology Research* 14(8), 868-882.
- 98- Solis-Weiss, V., Aleffi, F., Bettoso, N., Rossin, P., Orel, G., y Fonda-Umani, S., (2004). Effects of industrial and urban pollution on the benthic macrofauna in the Bay of Muggia (industrial port of Trieste, Italy). *Science of the total environment* 328(1-3), 247-263.
- 99- Sordello, R., Ratel, O., De Lachapelle, F. F., Leger, C., Dambry, A., y Vanpeene, S., (2020). Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map. *Environmental Evidence* 9(1), 1-27.
- 100- Spagnolo, A., Auriemma, R., Bacci, T., Balković, I., Bertasi, F., Bolognini, L., ... y Žuljević, A., (2019). Non-indigenous macrozoobenthic species on hard substrata of selected harbours in the Adriatic Sea. *Marine pollution bulletin* 147, 150-158.
- 101- Stabili, L., Licciano, M., Lezzi, M., y Giangrande, A., (2014). Microbiological accumulation by the Mediterranean invasive alien species *Branchiomma bairdi* (Annelida, Sabellidae): Potential tool for bioremediation. *Marine pollution bulletin* 86(1-2), 325-331.
- 102- Surugiu, V., y Feunteun, M., (2008). The structure and distribution of polychaete populations influenced by sewage from the Romanian Coast of the Black Sea. *Analecte Stiintifice ale Universitatii Biologie animala*, 54, 177-184.
- 103- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L y Briot, A., (2012). *Inventario español de hábitats y especies marinos: guía interpretativa, inventario español de hábitats marinos*, Madrid, España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/biodiversidad-marina/GUIA_INTERP_HABITATS_WEB_tcm7-270736.pdf.

- 104- Tena, J., Capaccioni-Azzati, R., Torres-Gavila, F. J., y García-Carrascosa, A. M., (2000). Polychaetes associated with different facies of the photophilic algal community in the Chafarinas archipelago (SW Mediterranean). *Bulletin of marine Science* 67(1), 55-72.
- 105- Tena, J., (1996). *Faunística y Ecología de los Anélidos Poliquetos de los fondos de Sustrato duro del Archipiélago de las Chafarinas (S.W. Mar de Alborán)*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, Valencia.
- 106- Tompsett, S., Porter, J. S., y Taylor, P. D., (2009). Taxonomy of the fouling cheilostome bryozoans *Schizoporella unicornis* (Johnston) and *Schizoporella errata* (Waters). *Journal of Natural History* 43(35-36), 2227-2243.
- 107- Torres-Gavilá, J., (2008). *Estudio Faunístico, Ecológico y Ambiental de la Fauna de Anélidos Poliquetos de Sustratos Suelos de las Islas Chafarinas (Mar de Alborán, S.W. Mediterráneo)*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, Valencia.
- 108- Viéitez, J.M., Alós, C., Parapar, J., Besteiro, C., Moreira, J., Núñez, J., Laborda, J. y San Martín, G., (2004). *Fauna Ibérica: Annelida, Polychaeta I*, 1ª Edición, Madrid: CSIC.
- 109- Vilches, A. M., Arcaria, N., y Darrigran, G. A., (2010). Introducción a las invasiones biológicas. *Boletín Biológica* 4(17), 14-19.
- 110- Weerasinghe, R. L., Ranatunga, R. R. M. K. P., y Chinthaka, S. D. M., (2018). Chemical evidences of *Schizoporella errata* for high perseverance in marine environment: Cytotoxicity and volatile compound analysis. *Biodiversity and Ecological Health* 212.
- 111- Wale, M. A., Simpson, S. D., y Radford, A. N., (2013). Size-dependent physiological responses of shore crabs to single and repeated playback of ship noise. *Biology letters* 9(2), 20121194.
- 112- Werschkun, B., Banerji, S., Basurko, O. C., David, M., Fuhr, F., Gollasch, S., ... y Höfer, T., (2014). Emerging risks from ballast water treatment: The run-up to the International Ballast Water Management Convention. *Chemosphere* 112, 256-266.
- 113- Williams, R. J., Griffiths, F. B., Van der Wal, E. J., y Kelly, J., (1988). Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of non-indigenous marine species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 26(4), 409-420.
- 114- Worm, B., y Lotze, H. K., (2006). Effects of eutrophication, grazing, and algal blooms on rocky shores. *Limnology and oceanography* 51(2), 569-579.
- 115- Zaquin, T., Zaslansky, P., Pinkas, I., y Mass, T., (2019). Simulating bleaching: long-term adaptation to the dark reveals phenotypic plasticity of the

Mediterranean Sea coral *Oculina patagonica*. *Frontiers in Marine Science* 6, 662.

- 116- Zenetos, A., Gofas, S., Verlaque, M., Cinar, M.E., García-Raso, J.E., Bianchi, C.N., Morri, C., Azzurro, E., ... y Streftaris, N., (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science* 11(2), 381.

8. Anexo I:

Tabla I.1: Datos de presencia/ausencia de organismos modulares/gregarios utilizados para el análisis de similitud. Presencia=1, Ausencia=0.

	LP-3.9	LP-3.7	LP-3.2	LP-3.8	LP-3.10	LP-3.1	LP-3.4	LP-3.3	LP-3.6	LP-3.5	LP-1.7	LP-1.1	LP-1.5	LP-1.8	LP-1.2	LP-1.6	LP-1.4	LP-1.3
Briozoos	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
Antozoos	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Cirrípedos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poríferos	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Hidrozoos	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0